



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département : Maintenance en Instrumentation

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel

Spécialité : Ingénierie de la Maintenance en Instrumentation

Thème

Etude et réalisation d'une
« Horloge Numérique Didactique (Secondes,
Minutes, Heures avec les circuits intégrés TTL»

Présenté et soutenu publiquement par :

Nom : Larbi Prénom : Oussama Hamza

Nom : Chaichi Prénom : Walid Yassine

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Etablissement	Qualité
GUENDOZ Djilalia	IMSI-Univ. D'Oran2	Présidente
BENAYAD Ahmed	IMSI-Univ. D'Oran2	Encadrant
TITAH Mouloud	IMSI-Univ. D'Oran2	Examineur
DJELGHOUM Farida	IMSI-Univ. D'Oran2	Examinatrice

Année universitaire : 2021/2022

Remerciement

Pour commencer, nous remercions Allah le tout puissant qui nous a protégé et guidé tout au long de projet et bien sûr notre vie, qui nous a donnés courage et patience et force pour passer chaque obstacle et tous les moments difficiles, qui nous a permis de compléter ce travail pour que vous puissiez le voir aujourd'hui. Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier notre chère petite famille, surtout nos parents qui nous ont soutenus et qui nous n'ont jamais lâché, ils sont la cause de toutes les bonnes choses de nos vies, et nos amis pour leur support et mots doux. A nos professeurs dans le département de maintenance en instrumentations, notre encadreur : Mr. Ahmed BENAYAD, pour son assistance, encouragements et orientations bien guidées. Nous remercions toute personne ayant contribué, de près ou de loin, dans ce travail, merci du fond du cœur.

Dédicaces

A nos chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de nos études,

A notre très cher famille frères et sœurs pour leur appui et leur encouragement, et leur soutien moral,

A nos chers amis qui ont été là pour nous pousser dans les hauts et les bas

Aux professeurs qui nous ont soutenus tout au long de ce projet spécialement notre professeur Madame GUENDOUZ Djilalia.

A toute personne qui nous a aidés de loin ou de près dans ce projet de fin d'études,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour nous.

Que dieu vous garde

TABLE DES MATIERES

Introduction Générale	1
Partie Théorique	5
Historique de l'horloge	6
I. Introduction	6
II. Origine et évolution de l'horloge dans le temps	6
III. Naissance des horloges	6
IV. Chronologie de l'évolution de la comptabilisation du temps	7
V. Conclusion	12
Alimentation	13
I. Introduction	13
II. Transformateur	14
III. Redresseur	14
IV. Filtrage	17
V. Stabilisation	18
Circuits Intégrés	20
I. Introduction	20
II. Définition	20
III. Catégories de circuits intégrés	20
IV. Intérêts des circuits intégrés	21
V. Familles des circuits intégrés	22
VI. Circuits intégrés	22
VII. Circuit intégré TTL (Transistor-Transistor Logic)	23
VIII. Familles des circuits intégrés logiques	27
IX. Circuits Intégrés de la série 7400	30
X. Régulateur de tension	40
Portes logiques	42
I. Introduction	42
II. Portes	42
III. Portes logiques arithmétiques composées	45
Multivibrateur	46
I. Introduction	46
II. Multivibrateur astable à transistors bipolaires	47
III. Multivibrateurs astable à circuit intégré NE555	51
IV. Multivibrateur à portes logiques	54
Compteurs	56
I. Définition	56
II. Introduction	56
III. Classification des compteurs	56
IV. Bascules	57
V. Compteurs	63
VI. Compteurs intégrés	71
Décodeurs	72
I. Introduction	72
II. Définition	72
III. Fonction du décodeur	73
IV. Synthèse des décodeurs DCB 7segments	75

V. Décodage	77
VI. Décodeur pilote DCB 7 segments	78
Afficheurs	79
I. Introduction	79
II. Affichage 7 segments	79
III. Différents types d'afficheur 7 segments	79
IV. Constitution des LED des afficheurs	81
V. Afficheurs	81
III. Afficheurs LCD	83
Partie Réalisation	
	84
Alimentation	85
I. Introduction	85
II. Alimentation régulée	85
III. Alimentation stabilisé	86
Mise en forme du signal	88
I. Introduction	88
II. Signal Carré	88
Diviseur par 50	90
I. Introduction	90
II. Présentation du circuit	90
III. Division par 50	92
Comptage d'horloge	96
I. Introduction	96
II. Comptage des secondes et des minutes	96
III. Comptage des heures	97
Décodage	99
I. Introduction	99
II. Présentation du circuit intégré SN 7447	99
III. Types d'afficheurs pour SN 7447	101
IV. Affichage des 7 segments avec un décodeur SN 7447	101
Affichage	104
I. Introduction	104
II. Afficheur utilisé	104
III. Présentation de ce circuit	104
Remise à l'heure	109
I. Introduction	109
II. Remise à l'heure	109
III. Réglage de l'Heure	109
Conclusion générale	110
Maquette réalisée	112
Cartes réalisées	116
Annexes	120
Annexe I : Liste des composants	121
Annexe II : Circuits Intégrés	123
Annexe III : Circuits Imprimés	126
Bibliographie	129

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

Connaitre le temps a toujours été important pour l'être humain afin de se répertorier, la mesure du temps a rapidement été une préoccupation importante, notamment pour organiser la vie sociale, religieuse et économique des sociétés. Les phénomènes périodiques du milieu où l'homme vivait comme le déplacement quotidien de l'ombre, le retour des saisons ou le cycle lunaire ont servi de premières références.

Mais progressivement, l'humain s'est inspiré de phénomènes physiques, dont il avait remarqué le caractère périodique, pour concevoir et mettre au point des dispositifs de mesure du temps de plus en plus précis.

Les horloges murales sont probablement les objets les plus présents dans nos intérieurs. Presque toutes les maisons ont au moins une ou deux horloges suspendues aux murs, pareil pour les bureaux, écoles, gares et espaces publics. Les horloges sont une aide précieuse pour gérer le flux de la journée et rester à l'heure avec ceux qui nous entourent... Pas étonnant qu'elles soient si essentielles.

Comme vous avez pu le constater, nous sommes plutôt accro aux horloges chez Horloge Factory (c'est même dans notre nom) nous avons pensé qu'il était important de partir en arrière et regarder **l'histoire de ces horloges**.

Les horloges sont des instruments qui mesurent et montrent le temps. Depuis des millénaires, les humains mesurent le temps de diverses façons, notamment en suivant les mouvements du soleil à l'aide de cadrans solaires, en utilisant des horloges hydrauliques ou encore des chandelles et sabliers.

Notre système moderne utilise un système avec une **base de 60 minutes**, c'est-à-dire une horloge à incréments de 60 minutes et 60 secondes, ce système remonte à 2 000 ans avant J.C dans l'ancienne Sumer.

Pour mieux définir ce rythme à l'intérieur d'une journée, il a fallu imaginer des appareils donnant des repères temporels intermédiaires les heures ce sont les horloges.

La technique de leur construction est l'horlogerie. Ainsi que des unités adaptées, l'horloge numérique en est un exemple. Cet appareil permet aux hommes de connaître l'heure à tout moment et en tout lieu, et de programmer leurs journées de façon à rationner le temps, pour les mieux organisés.

L'objectif de ce mémoire de fin d'étude est de réaliser une horloge numérique de pouvoir consulter l'heure sans trop de difficultés. Cette horloge sera accrochée à un endroit visible, de distance et hauteur raisonnables. Son utilité et d'avoir à toute personne une référence temporelle, un accès facile à l'information du temps qu'il est, et d'unifier à l'ensemble de la communauté universitaire (étudiant, employés, visiteurs) le temps de référence.

Le but recherché dans ce mémoire, n'est pas la performance de l'appareil mais la mise en pratique des connaissances acquises.

La réalisation de cette horloge numérique est en principe très simple et ne pose aucune difficulté. Notre satisfaction est de voir avancer sur les six afficheurs les secondes, les minutes et les heures, surtout en sachant parfaitement ce qui se passe à l'intérieur de l'appareil d'une horloge numérique.

Il est certain qu'un seul circuit spécialisé peut faire à lui tout seul beaucoup mieux que ce que nous obtiendrons avec l'ensemble nos circuits intégrés et ce dans le but de ce familiariser à l'utilisation des circuits et surtout à leurs utilisations.

On sait qu'avec la pratique on peut assimiler beaucoup plus rapidement la théorie. C'est pourquoi que nous nous sommes intéressés à la réalisation de cette horloge numérique.

Ce projet, va nous permettre à mieux comprendre comment fonctionne les compteurs, les décodeurs et les afficheurs. Surtout comment compter jusqu'à 60 ou 24.

Le comptage jusqu'à 60 nous est utile car 1 heure est composée de 60 minutes et une minute de 60 seconde, le comptage jusqu'à 24 aussi car un (1) jour est composé de 24 heures, quand à l'impulsion par minute, elle sert à faire avancer d'une unité le nombre visualisé sur l'afficheur des minutes.

Le schéma synoptique de cette réalisation est schématisé par la figure 1.

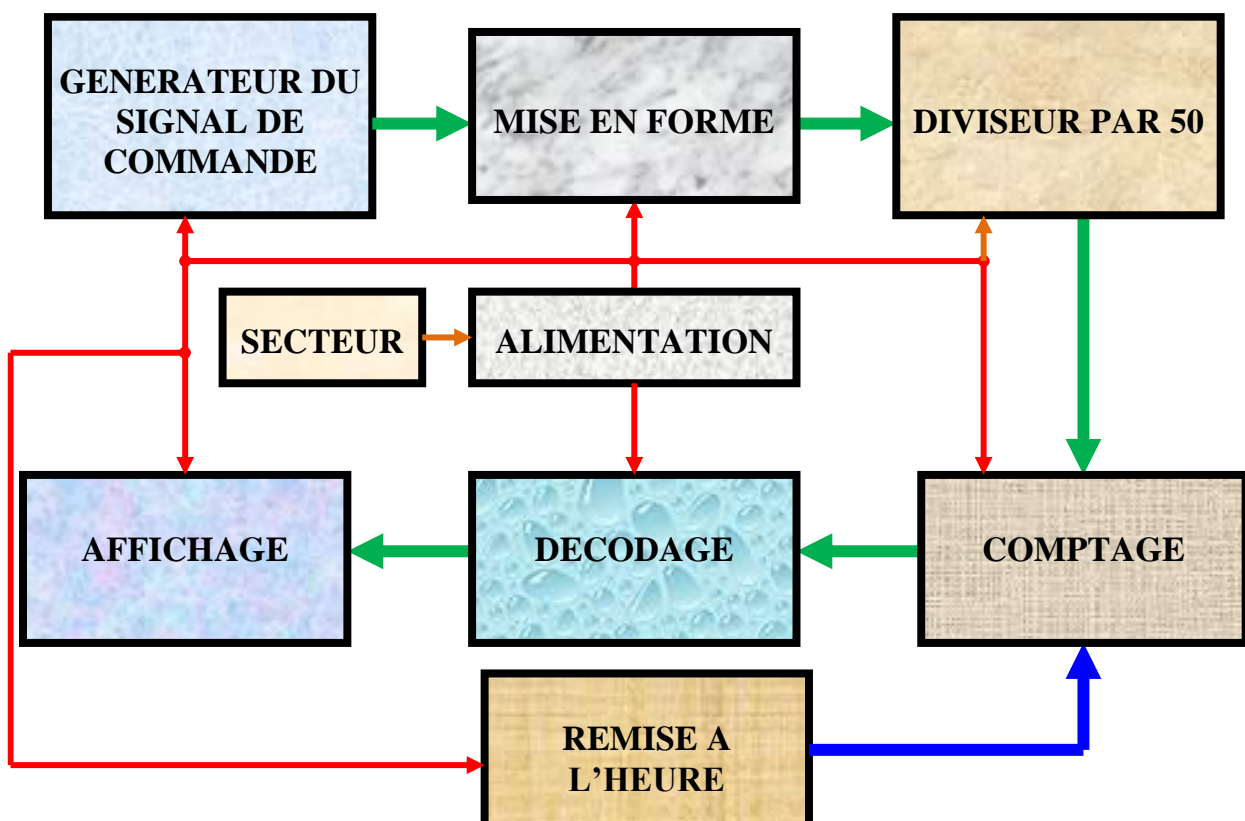


Fig.1. Schéma synoptique de l'horloge numérique

Cette réalisation d'horloge numérique nous a été confiée pour notre projet de fin d'étude. Le travail de ce projet nous l'avons scindé en deux parties:

- une première partie théorique, dans laquelle nous présentons l'historique et tous les éléments nécessaires pour la réalisation de cette horloge.

- une seconde partie pratique, dans laquelle il est question des choix des circuits intégrés, des montages et la réalisation de cette horloge numérique.

Partie Théorique

HISTORIQUE DE L'HORLOGE

I. Introduction

Connaitre le temps a toujours été important pour l'être humain afin de se répertorier.

La mesure du temps a rapidement été une préoccupation importante, notamment pour organiser la vie sociale, religieuse et économique des sociétés.

Les phénomènes périodiques du milieu où l'homme vivait comme le déplacement quotidien de l'ombre, le retour des saisons ou le cycle lunaire ont servi de premières références.

Mais progressivement, l'humain s'est inspiré de phénomènes physiques, dont il avait remarqué le caractère périodique, pour concevoir et mettre au point des dispositifs de mesure du temps de plus en plus précis, ainsi que des unités adaptées, l'horloge numérique en est un exemple.

Cet appareil permet aux hommes de connaître l'heure à tout moment et en tout lieu, et de programmer leurs journées de façon à rationner le temps, pour les mieux organisés.

La mesure du temps occupe une place tout à fait importante dans l'histoire de l'humanité. Elle rythme la vie quotidienne de l'homme au fil des jours, des nuits, des lunaisons, des saisons et des années.

Les premières références de mesure du temps furent des phénomènes périodiques, comme le déplacement quotidien de l'ombre, le retour des saisons ou le cycle lunaire. Avec le temps, les civilisations se sont inspirées de ces phénomènes pour concevoir et mettre au point des dispositifs de mesure du temps de plus en plus précis.

II. Origine et évolution de l'horloge dans le temps

Les horloges murales sont probablement les objets les plus présents dans nos intérieurs.

Presque toutes les maisons ont au moins une ou deux horloges suspendues aux murs, pareil pour les bureaux, écoles, gares et espaces publics.

Les horloges sont une aide précieuse pour gérer le flux de la journée et rester à l'heure avec ceux qui nous entourent... Pas étonnant qu'elles soient si essentielles.

Comme vous avez pu le constater, nous sommes plutôt accro aux horloges chez Horloge Factory (c'est même dans notre nom) nous avons pensé qu'il était important de partir en arrière et regarder **l'histoire de ces horloges**.

III. Naissance des horloges

Les horloges sont des instruments qui mesurent et montrent le temps.

Depuis des millénaires, les humains mesurent le temps de diverses façons, notamment en suivant les mouvements du soleil à l'aide de cadrans solaires, en utilisant des horloges hydrauliques ou encore des chandelles et sabliers.

Notre système moderne utilise un système avec une base de 60 minutes, c'est-à-dire une horloge à incréments de 60 minutes et 60 secondes, ce système remonte à 2 000 ans avant J.C dans l'ancienne Sumer.



Fig.1. Evolution des différents modèles de fabrication des horloges dans le temps

IV. Chronologie de l'évolution de la comptabilisation du temps

Les premières horloges mécaniques ont été inventées en Europe vers le début du XIV^e siècle et ont été le dispositif de mesure du temps standard jusqu'à l'invention de l'horloge à pendule en 1656.

Il y avait beaucoup d'éléments qui se sont réunis au fil du temps pour nous donner les pièces de mesure moderne dont nous disposons aujourd'hui.

Le graphe sous-dessous donne l'évolution de ces composantes et aux cultures qui ont contribué à leur développement au cours du temps.

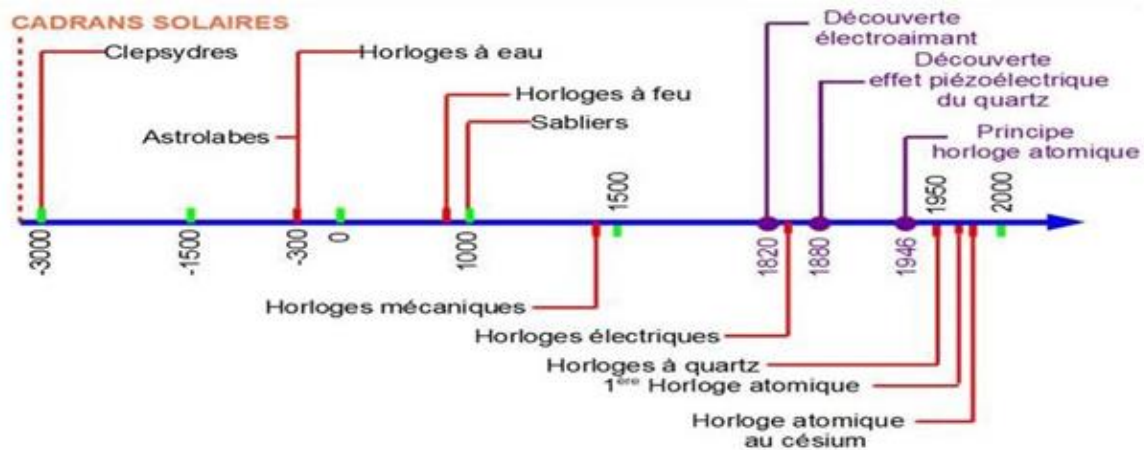


Fig.2. Evolution des différentes techniques pour la fabrication des horloges dans le temps

IV.1. Cadran Solaires et obélisques

Les anciens obélisques égyptiens, construits vers 3 500 av. J.-C., comptent également parmi les premières horloges à ombres chinoises.

Le plus ancien cadran solaire connu date d'Égypte, il date d'environ 1 500 ans avant J.-C.

Les cadrans solaires ont leur origine dans les horloges fantômes, qui étaient les premiers appareils utilisés pour mesurer les parties d'une journée.



Fig.3. Cadran solaire

IV.2 Horloge hydraulique grecque

Un premier prototype du réveil a été inventé par les Grecs.

Ils construisirent une horloge à eau, appelée **clepsydre**, où les eaux montantes gardaient le temps et finissaient par frapper un oiseau mécanique qui déclenchait un sifflet alarmant.

Les clepsydras étaient plus utiles que les cadrans solaires, ils pouvaient être utilisés à l'intérieur, pendant la nuit, et aussi lorsque le ciel était nuageux bien qu'ils n'étaient pas aussi précis.

Les horloges à eau grecques sont devenues plus précises vers 325 av. J.-C., et elles ont été adaptées pour avoir une aiguille des heures, rendant la lecture de l'horloge plus précise et pratique.

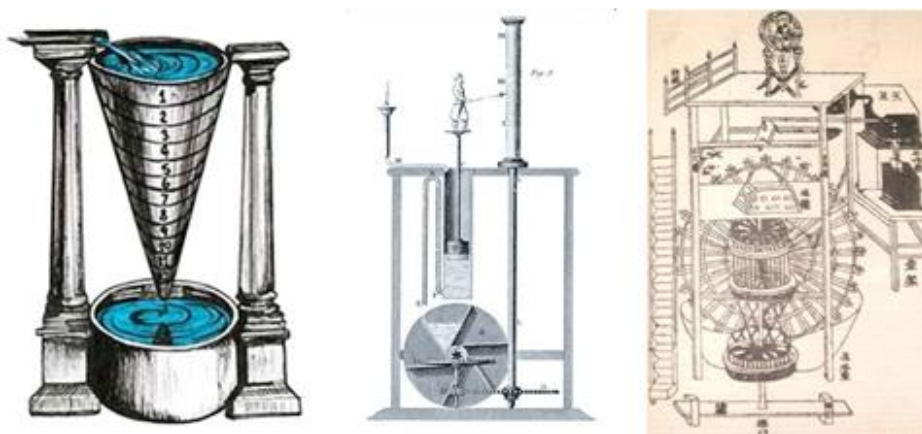


Fig.4. Horloge hydraulique grecque

IV.3. Horloge à bougie

La première mention des horloges à bougie vient d'un poème chinois, écrit en 520 A.D.

Selon le poème, la bougie graduée, avec un taux mesuré de brûlure, était un moyen de déterminer le temps la nuit. Des bougies similaires ont été utilisées au Japon jusqu'au début du Xe siècle.



Fig.5. Horloge à bougie

IV.4. Horloge sablier

Les sabliers ont été les premiers appareils de mesure du temps fiables, réutilisables, raisonnablement précis et faciles à fabriquer.

À partir du XVe siècle, les sabliers servaient surtout à lire l'heure en mer.

Un sablier comprend deux ampoules en verre reliées verticalement par un col étroit qui permet un écoulement régulier de



Fig.6. Horloge à sablier

matière, généralement du sable, de l'ampoule supérieure à l'ampoule inférieure.

Les sabliers sont encore utilisés aujourd'hui. Ils ont également été adoptés pour une utilisation dans les églises, l'industrie et la cuisine.

IV.5. Horloges de monastère et tours d'horloge

Les premiers horlogers européens médiévaux étaient des moines chrétiens.

Indiquer l'heure est devenue une nécessité dans la vie quotidienne pour suivre les offices religieux.

La première horloge a été construite par le futur pape Sylvestre II vers l'an 996.

Des horloges beaucoup plus sophistiquées et des **tours d'horloge d'église** ont été construites par des moines par la suite.

Peter Lightfoot, un moine de Glastonbury du XIVe siècle, a construit l'une des plus anciennes horloges encore existante qui continue à être utilisée au Science Museum de Londres.



Fig.7. Horloge de monastère et de tours

IV.6. Montre-bracelet

En 1504, le premier garde-temps portable fut inventé à Nuremberg, en Allemagne, par Peter Henlein. Ce n'était pas très précis.

La première personne à porter une montre au poignet a été le mathématicien et philosophe français Blaise Pascal (1623-1662). Avec un bout de ficelle, il a attaché sa montre de poche à son poignet.



Fig.8. Horloge de bracelet

IV.7. Horloge à aiguille des minutes

En 1577, Jost Burgi invente l'aiguille des minutes. L'invention de Burgi faisait partie d'une horloge faite pour Tycho Brahe, un astronome qui avait besoin d'une **horloge précise** pour observer les étoiles.

IV.8. Horloge à pendule

En 1656, l'horloge à pendule fut inventée par Christian Huygens, rendant les horloges encore plus précises.



Fig.9. Horloge à aiguille de minute

Une pendule est une horloge qui utilise un pendule (le mécanisme est au masculin) pour mesurer le temps.

Ce qui la rend si précise est qu'il s'agit d'un oscillateur harmonique : il oscille dans un intervalle de temps précis en fonction de sa longueur et résiste aux oscillations à d'autres vitesses.

La pendule doit cependant rester immobile pour fonctionner, la faire bouger affectera le mouvement du pendule causant des inexactitudes.

Jusqu'aux années 1930 la pendule a été le "garde-temps" le plus précis du monde.

Ce qui explique son utilisation répandue tout au long des XVIIIe et XIXe siècles.

Dans les années 1930 et 1940 elle a fini par être remplacé par des horloges électriques synchrones beaucoup moins chères.



Fig.10. Horloge à pendule

IV.9. Réveil mécanique

Le premier réveil mécanique a été inventé par l'Américain Levi Hutchins de Concord, New Hampshire, en 1787.

Cependant, la sonnette d'alarme de son horloge ne pouvait sonner qu'à 4 heures du matin (adieu les grasses matinées).

En 1876, Seth E. Thomas a breveté un réveil mécanique à remontage mécanique qui pouvait être réglé à tout moment.



Fig.11. Horloge réveil mécanique

IV.10. Heure standard

Sir Sanford Fleming a inventé l'heure standard en 1878.

L'heure standard est la synchronisation des horloges d'une zone géographique à une seule heure standard.

Il est né de la nécessité de faciliter les prévisions météorologiques et les déplacements en train.

Au XXe siècle, les zones géographiques étaient uniformément réparties dans les fuseaux horaires.

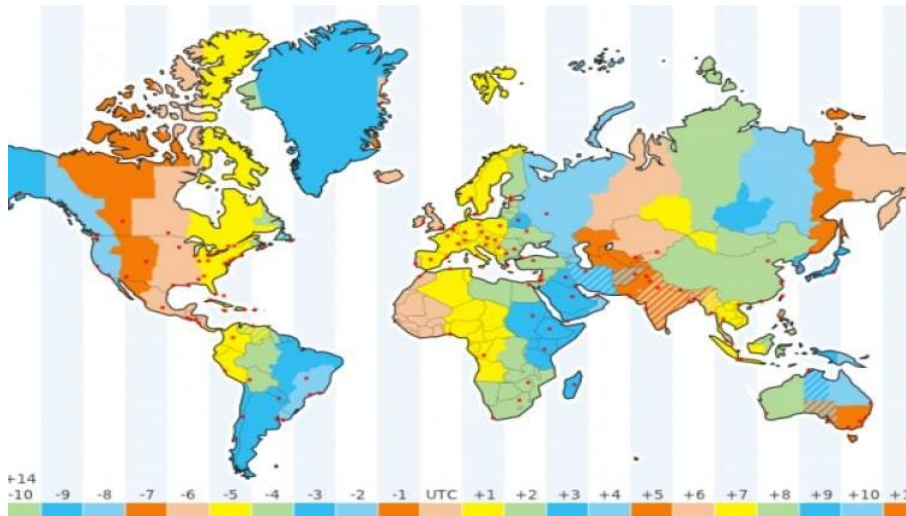


Fig.12. Heure standard

IV.11. Horloge à quartz

En 1927, Warren Marrison, ingénieur en télécommunications né au Canada, cherchait des étalons de fréquence fiables aux Laboratoires téléphoniques Bell.

Il a développé la première **horloge à quartz**, une horloge très précise basée sur les vibrations régulières d'un cristal de quartz dans un circuit électrique.



Fig.13. Horloge à quartz

IV.12. Horloge à piles

La Warren Clock Company a été fondée en 1912 et a produit un nouveau type d'horloge alimentée avec des piles, avant cela, les horloges étaient soit remontées à l'envers, soit actionnées par des poids.



Fig.14. Horloge à pile

IV.13. Montre automatique

L'inventeur suisse John Harwood a développé la première montre à remontage automatique en 1923.

Ce qui marqua à jamais l'ère des montres telles que nous les connaissons à présent. L'homme a ainsi pu avoir l'heure à portée de mains où qu'il soit.



Fig.15. Horloge automatique

V. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de vous présenter un résumé bref de la naissance et de l'évolution de l'horloge au cours du temps.

La littérature est très riche sur les différentes techniques utilisées avec l'évolution du temps et cette technologie ne s'arrêtera jamais.

La précision de l'heure a pris énormément de temps, d'années et d'époques. Mais cela est essentiel dans notre quotidien.

L'être humain ne se voit pas vivre sans horloges ou dispositifs permettant de connaître l'heure exacte.

ALIMENTATION

I. Introduction

L'électronique en général que nous utilisons fonctionne avec du courant continu et le réseau électrique nous fournit du courant alternatif « $230V/50Hz$ ». Il va donc falloir transformer ce courant alternatif en continu et modifier la valeur fournie en valeur désirée. C'est pour cela qu'une alimentation est nécessaire.

Cette dernière transforme les caractéristiques de l'énergie livrée par le réseau (secteur) pour les adapter aux conditions souhaitées.

Dans la pratique il existe d'innombrables possibilités pour réaliser ce transfert énergétique avec toutes les variantes possibles et imaginables. Chacune a ses avantages, ses inconvénients, ses limitations, sa complexité, son coût, son domaine de prédilection, etc.

Une alimentation comprend en générale les parties suivantes:

- * Un transformateur
- * Un redresseur
- * Un filtre
- * Un stabilisateur

Le schéma synoptique en général d'une alimentation est représenté par les quatre étapes suivantes :

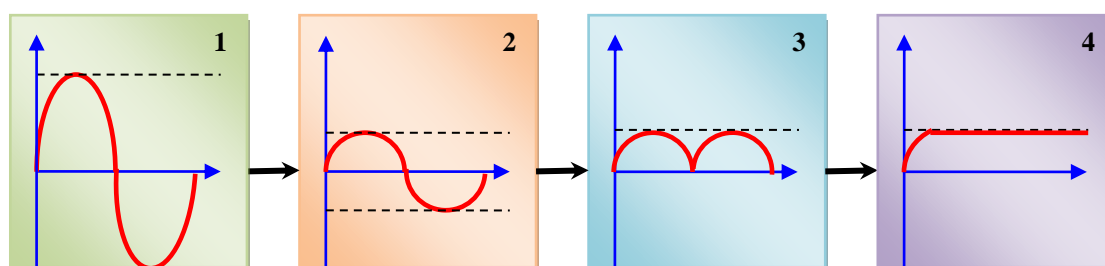


Fig.1 : Schéma synoptique

Cette alimentation, on peut la schématiser par le synoptique suivant :

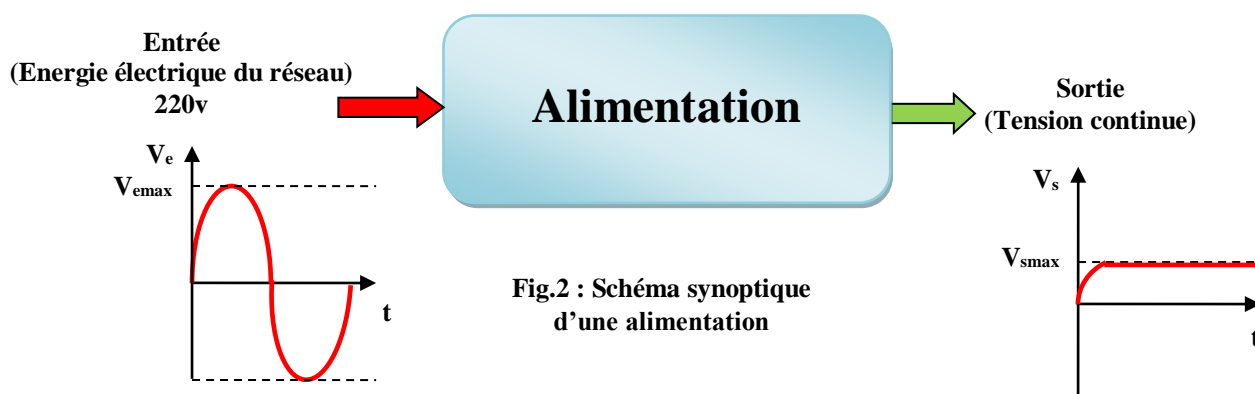


Fig.2 : Schéma synoptique d'une alimentation

II. Transformateur

Le transformateur est un appareil électrique statique à induction électromagnétique qui permet de transformer une tension ou un courant d'une certaine fréquence en une autre tension ou courant

de même fréquence. Il est composé d'un circuit magnétique sur lequel sont placés deux bobinages au moins.

On peut dire aussi, c'est un appareil statique à induction électromagnétique destiné à transformer un système de courants variables en un ou plusieurs autres systèmes de courant variable d'intensité et de tension généralement différentes et de même fréquence.

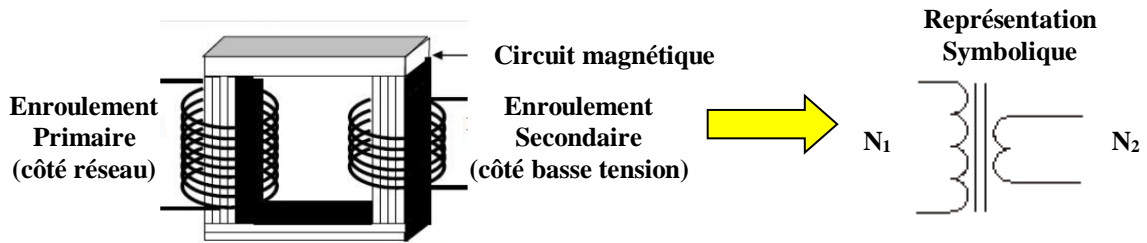


Fig.3 : Schéma synoptique d'un transformateur

Le transformateur est un appareil d'induction qui est composé de deux parties principales qui sont :

- * **Partie active** : Constituée essentiellement du circuit magnétique, électrique. Elle est destinée à conversion d'énergie électrique.

- * **Partie constructive** : destinée à assurer l'isolement et la fixation de la partie active

Le transformateur remplit deux fonctions:

- * Isoler le récepteur et le secteur Le transfert d'énergie se fait par le champ magnétique.

- * Transformation de la tension alternative du réseau, déterminé par le rapport entre le nombre de spire de la bobine du secondaire et celui du primaire c'est à dire soit d'abaisser ou d'élever la tension.

N_1 : Nombre de spire du primaire branché directement sur le secteur

N_2 : Nombre de spire du secondaire relié généralement à la charge

$$K = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \begin{cases} K > 1 \text{ Transformateur éleveur} \\ K < 1 \text{ Transformateur abaisseur} \end{cases}$$

Le rendement est donné par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_S}{P_e} \Rightarrow \begin{cases} P_e \text{ puissance au primaire du transformateur.} \\ P_s \text{ puissance au secondaire du transformateur.} \end{cases}$$

III. Redresseur

Le redressement du courant alternatif est l'opération qui consiste à appliquer une tension alternative à un organe de conductibilité unilatérale. Ce détecteur ne se laisse traverser que par les alternances de même sens (positives ou négatives, selon le sens de connexion du détecteur).

L'organe le plus utilisé comme détecteur des alternances est la diode. Il y a deux types de redressement :

- * le redressement simple alternance
- * le redressement double alternance

Remarque

L'organe principal est la diode. Elle est fabriquée à l'aide de semi-conducteur et impose un sens du courant dans la branche où elle est montée.

Le plus général, on dit que c'est un interrupteur non commandé

La conduction de la diode est unidirectionnelle.

III.1. Redressement simple alternance

C'est le redressement le plus simple. Quand la tension aux bornes du transformateur V_e dépasse la tension de seuil de la diode, celle-ci conduit, laissant passer le courant direct dans la charge R_C . La tension aux bornes de la charge R_C est V_s .

Le montage redresseur employé pour ce type de redressement simple alternance est représenté par la figure ci-contre.

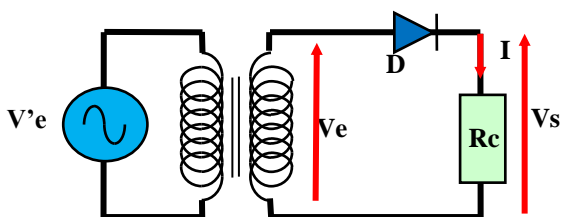


Fig.4 : Montage redresseur simple alternance

Le montage comporte :

* Un générateur de tension sinusoïdale qui a pour équation :

$$V_e = V_{e \max} \sin \omega t$$

* Une diode D

* Une charge R_C

Quand la tension aux bornes du transformateur devient inférieure à la tension de seuil, la diode est bloquée ; il ne subsiste que le courant de fuite, qui est négligeable en comparaison avec le courant direct.

La forme des signaux obtenus et recueillis à l'entrée (V_e) et à la sortie (V_s) sont représentées à la figure 5.

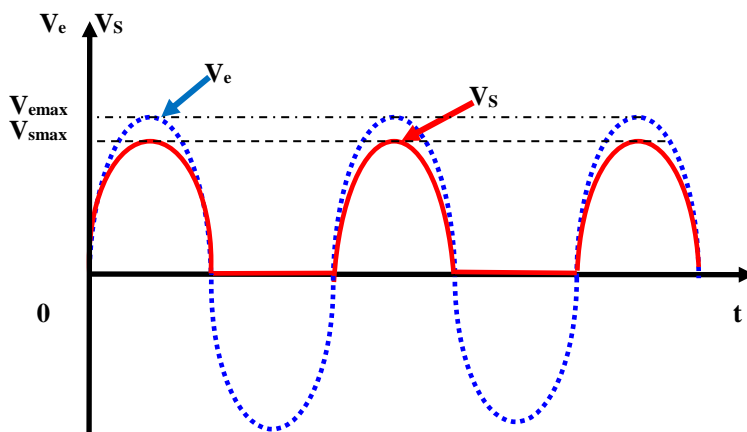


Fig.5. Forme des signaux

Remarque :

* La différence entre V_e et V_s est dû à la tension du seuil, pour les diodes au silicium $V_d = 0,7v$ et pour les diodes au germanium $V_d = 0,3v$.

* Quand la tension d'entrée est négative, la diode se trouve bloquée (interrupteur ouvert) et le courant traversant la charge est nul.

* Dès que la tension devient positive, cette tension est appliquée aux bornes de la diode et elle se met à conduire (interrupteur fermé).

La diode se comporte comme un interrupteur parfait qui se ferme quand la tension à ses bornes est positive et s'ouvre dès que le courant cesse de circuler.

Dans ce cas (redressement simple alternance), la tension moyenne ou tension redressée V_{Smoy} est liée à la tension de crête ou tension maximale V_{Smax} par la relation :

$$V_{Smoy} = \frac{V_{Smax}}{\pi} = 0,318 V_{Smax}$$

La valeur efficace de ce signal est:

$$V_{Seff} = \frac{V_{Smax}}{\pi} = 0,5 V_{Smax}$$

III.2. Redressement avec pont

Le transformateur à point milieu est un appareil encombrant et coûteux c'est pour cette raison qu'on évite son emploi. Le montage redresseur avec pont est le plus utilisé est représenté à la figure 6.

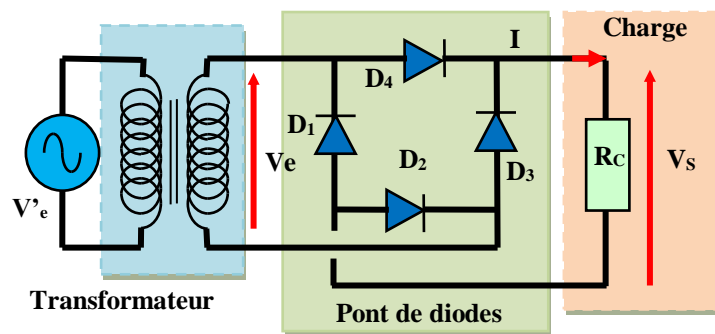


Fig.6. Redresseur avec pont de diode

On remarque que pendant l'alternance positive de la tension d'entrée V_e les deux diodes D_2 et D_4 conduisent et ils se comportent comme un interrupteur ouvert, tandis que les diodes D_1 et D_3 se comportent comme un interrupteur fermé.

Le rôle s'inverse pendant l'alternance négative du **signal d'entrée** V_e .

La forme des signaux d'entrées et de sortie est donnée par la figure 7.

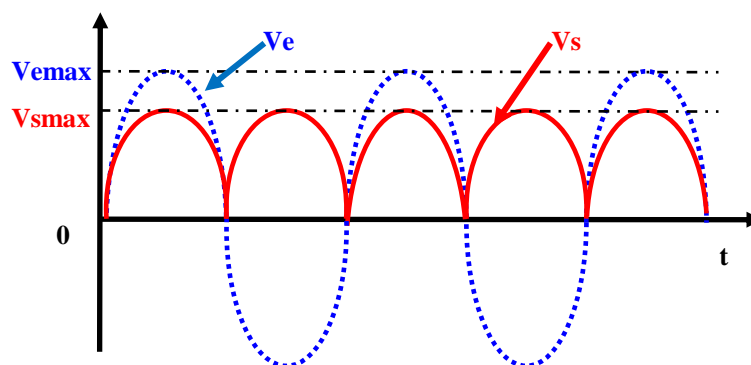


Fig.7. Forme des signaux d'entrée et de sortie

La valeur moyenne du signal redressée :

$$I_{Smoy} = 2 \times \frac{I_{Smax}}{\pi} = 0,637 I_{Smax}$$

La valeur moyenne :

$$V_{Smoy} = 2 \times \frac{V_{Smax}}{\pi} = 0,637 V_{Smax}$$

Dans tout redressement, il est nécessaire de connaître le rendement η , le facteur de forme F , le taux d'ondulation τ .

Ces différents paramètres sont donnés par les relations suivantes :

* Le rendement du redressement η :

$$\eta = \frac{P_{moy}}{P_{eff}} = \frac{V_{smoy}^2}{V_{seff}^2}$$

* Le facteur de forme F :

$$F = \frac{I_{eff}}{I_{moy}} = \frac{V_{smoy}}{V_{seff}}$$

* Le taux d'ondulation τ :

$$T = \sqrt{F^2 - 1}$$

IV. Filtrage

Le filtrage a pour rôle de faire disparaître l'ondulation de la tension de sortie. Cette ondulation d'amplitude plus ou moins importante est un grand inconvénient lors de son utilisation dans les étages amplificateurs (car elle sera amplifiée). C'est pour cela on utilise un circuit de filtrage pour l'éliminer ou au moins pour l'affaiblir.

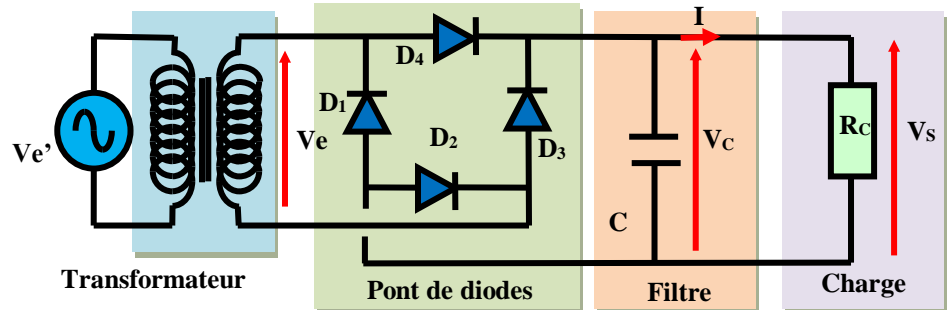


Fig.8. Redresseur avec Filtrage

Le principe du fonctionnement repose essentiellement sur le phénomène de la charge et la décharge d'un condensateur à travers une résistance.

* Le condensateur est déchargé à l'instant ($t=0$), pendant la première demi alternance, le condensateur va se charger à la valeur crête, et pendant l'autre demi alternance la capacité se décharge à travers la charge R_C .

* Au cours de la seconde demi-alternance, le condensateur se charge de nouveau à la valeur crête récupérant ainsi le courant cédé.

Donc le condensateur joue le rôle d'un accumulateur ou réservoir car il est capable de se charger puis restituer (récupérer) une partie ou la totalité de sa charge.

La courbe de la figure 9 résume ce fonctionnement.

Pour ce type de redressement, il est nécessaire de connaître la tension d'ondulation ou la valeur efficace de cette tension qui est donnée par la relation suivante :

$$\Delta V = \frac{V_{s\max} T}{2R_C C}$$

Avec :

ΔV : La valeur efficace

de la tension d'ondulation.

R_C : La charge.

C : La capacité.

T : La période du signal de l'ondulation.

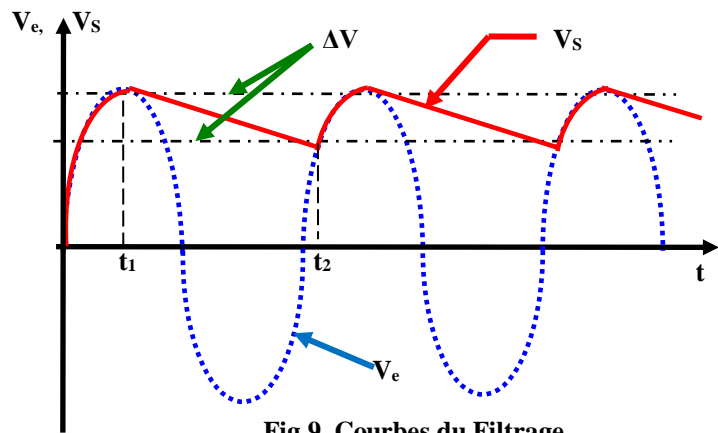


Fig.9. Courbes du Filtrage

V. Stabilisation

Une alimentation stabilisée est un dispositif destinée à délivrer une tension constante quelque soit les variations de la tension d'entrée ou de la charge. Nous citons dans ce qui suit quelques stabilisateurs élémentaires.

V.1. Régulation par diode Zener

Le montage régulateur par diode Zener le plus souvent utilisé est représenté par la figure ci-contre.

Le moyen le plus simple de la régulation consiste à employer une référence délivrée par une diode Zener, Celle-ci à la propriété de conserver à ses bornes une différence de potentiel constante pour un débit dans la diode variant de façon assez importante. Cette méthode est valable pour des tensions continues relativement faibles.

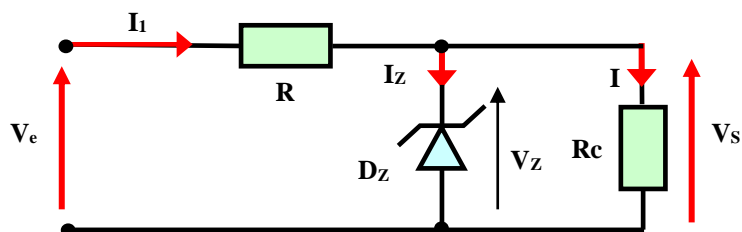


Fig.10. Montage régulateur par diode Zener

Remarque

Il faut que le courant I_Z de la diode Zener soit compris à l'intérieur des limites (I_{\min} et I_{\max}) fixé par le constructeur.

V.2. Régulation par transistor et diode Zener

La régulation par transistor et diode Zener est donnée par la figure 11.

La tension à la base du transistor est maintenue à une valeur donnée par chute de tension

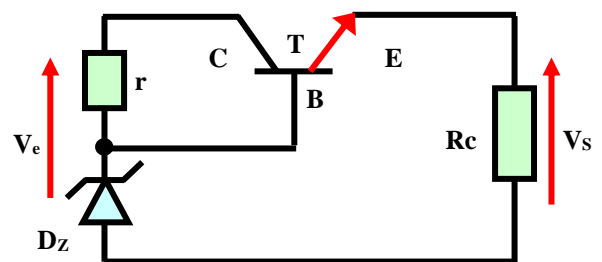


Fig.11. Montage stabilisateur de tension avec diode Zener et Transistor

aux bornes de la diode Zener. On constate deux cas :

*** Si la résistance R_C diminue**

La tension en sortie diminue, cela se traduit par une élévation de la tension aux bornes du transistor, ce dernier conduit d'avantage, ce qui augmente la chute de tension dans R_C . Dans ce cas la tension de sortie est maintenue à une valeur stable.

*** Si la résistance R_C augmente**

Ceci diminue la chute de tension aux bornes du transistor et rend l'intensité du courant à travers le transistor et la charge R_C moins élevée. Cette diminution se traduit par une baisse de tension aux bornes de R_C .

*** Si R_C augmente ou diminue,**

La tension de sortie est stabilisée.

V.3. Régulation par circuit intégré

Le circuit de base d'un régulateur, il utilise un amplificateur opérationnel pour porter une tension de référence à une fraction de la tension de sortie et pour contrôler un élément série qui règle la tension de sortie.

L'élément de sortie, qui est constitué du transistor intégré limite le courant de la sortie.

La figure ci-contre représente un circuit intégré d'un régulateur de tension. Ces régulateurs intégrés ont l'avantage d'avoir :

- * Un faible bruit.
- * Un fort taux de filtrage avec un bon rendement.
- * Un montage relativement simple avec une haute stabilité.
- * Une réponse rapide aux transitoires de la charge et du secteur.
- * Une possibilité d'avoir une tension de sortie positive ou négative.

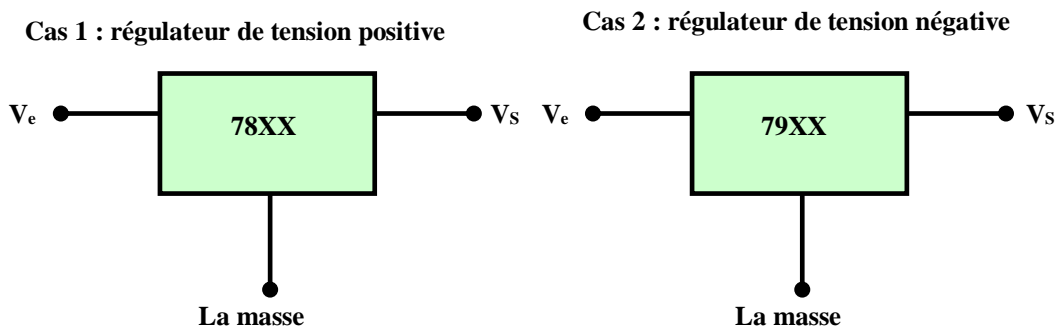


Fig.12. représentation d'un circuit régulateur de tension

Circuits intégrés

I. Introduction

Les circuits intégrés (C.I.) encore appelés puce constituent l'approche la plus sophistiquée de la microélectronique. Leur origine technologique remonte à **1958**, et leur importance économique et industrielle est devenue considérable. La miniaturisation de plus en plus poussée a permis d'augmenter la densité d'intégration qui se définit comme le rapport du nombre de transistors par unité de surface.

Certains circuits intégrés ne possèdent que quelques dizaines de composants, alors que d'autres, comme les micro-processeurs, peuvent en intégrer plusieurs millions.

II. Définition

Le circuit intégré est un composant actif, possédant un certain nombre de patte (deux à plusieurs centaines), et qui intègre en son sein un certain nombre de composants tels que transistors, résistances, diodes, ..., etc.

Le circuit intégré est destiné à remplir une fonction déterminée, le circuit intégré est un ensemble de composants électroniques actifs et passifs groupés et interconnectés par construction même.

La technologie des circuits intégrés a subi une évolution importante partant de l'intégration à petite échelle (SSI) à l'intégration à ultra échelle (ULSI). Ces circuits intégrés offrent de nombreux avantages:

- Encombrement.
- Faible coût.
- Fiable car le nombre d'interconnexion réduite.

III. Catégories de circuits intégrés

Les circuits intégrés, du fait de leurs dimensions, ont incité à la création d'un nouveau terme: la microélectronique. Le schéma suivant résume cette nouvelle notion.

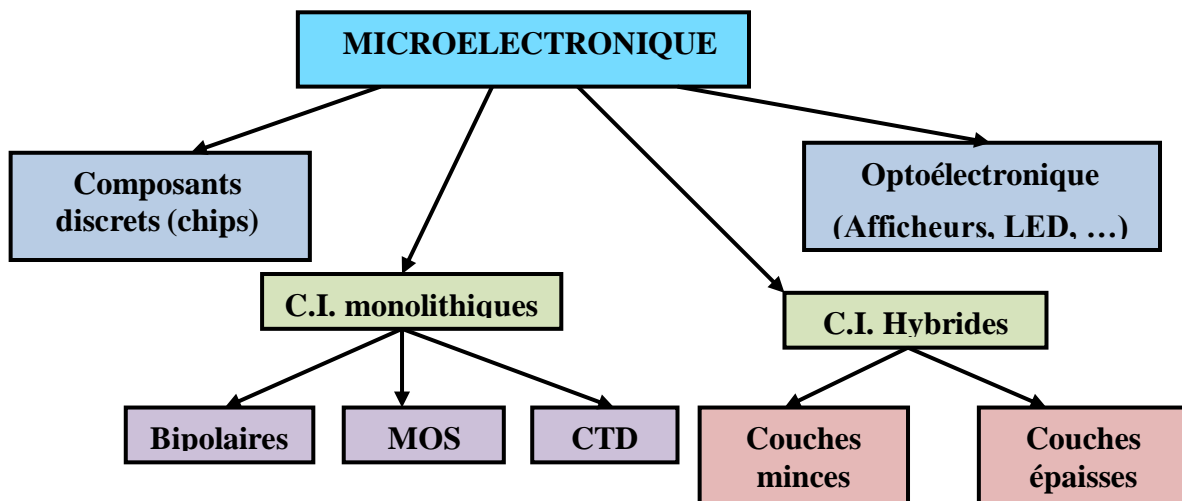


Fig.1. Schéma synoptique des catégories des circuits intégrés

On peut voir qu'il y a deux grandes catégories de circuits intégrés: les C.I. hybrides et les C.I. monolithiques.

III.1. Circuits intégrés hybrides

Ils ne méritent pas tout à fait le nom de circuits intégrés comme le laisse apparaître leur fabrication: ils sont conçus sur un substrat isolant (verre ou céramique ou autre) qui, par impression ou gravure, reçoit des conducteurs et des composants passifs. Les éléments actifs, réduits à leur plus simple expression (chips), sont ensuite ajoutés et soudés (on dit qu'ils sont « rapportés »).

On distingue deux sortes de circuits hybrides:

- Les **hybrides à couches minces** (moins de $10\mu m$) réalisés le plus souvent par dépôt sous vide et gravure.
- Les **hybrides à couches épaisses** ($10\mu m$ à $50\mu m$) où les couches sont obtenus par sérigraphie. Avec cette technique, il est même possible de réaliser directement sur le substrat des transistors, appelé transistors TFT (Thin Film Transistors) ou transistors à couches minces.

III.2. Circuits intégrés monolithiques

Ce sont des éléments électroniques actifs et passifs réalisés simultanément au cours d'un même processus de fabrication. Ils sont dits « monolithiques » car ils ne comprennent à l'intérieur du boîtier qu'un seul morceau de Silicium et c'est dans ce morceau que sont réalisés tous les composants du circuit.

Du point de vue technologique, on y trouve trois grandes subdivisions:

- Les **circuits à transistors bipolaires** tels les PNP et NPN classiques.
- Les **circuits à transistors MOS** (N-MOS, P-MOS ou C-MOS) et à J- FET.
- Les **circuits à transfert de charge CTD** (de Charge Transfert Devices) tels les CCD (Charge Coupled Devices), les BBD (Bucket Brigade Devices), les SCT (Surface Charge Transistor) et les CID (Charge Injection Devices). Ces éléments méritent une explication car nous ne les avons pas encore rencontrés.

IV. Intérêts des circuits intégrés

Les circuits intégrés présentent un grand nombre d'avantages dont:

- La compacité:

Une calculatrice de poche standard comprend une dizaine de milliers de transistors (30 à 100000) contenus sur un ou deux circuits intégrés (A titre de comparaison, l'ENIAC, le premier ordinateur, qui remplissait beaucoup moins de fonctions, occupait une pièce immense et quelques annexes).

- La fiabilité:

On sait que la cause la plus fréquente des défaillances est le défaut des soudures. L'intégration, en diminuant le nombre de connexions (donc le nombre de soudures) réduit considérablement le taux de pannes.

- L'économie:

Par exemple, un amplificateur opérationnel (ou un amplificateur de puissance) coûte en version intégrée considérablement moins que le prix d'achat des composants discrets qui le constituent. Ajoutons à cela les économies de main d'œuvre, de support et de châssis.

- La facilité d'utilisation:

Elle est évidente car la majorité des fonctions électroniques sont disponibles et les mises au point de circuits hasardeuses ont pratiquement disparues.

- Une faible consommation:

Les consommations qui sont descendues jusqu'à l'ordre du nA permettent la réalisation d'appareils autonomes et très pratiques.

- Des performances élevées

Ces performances sont dues à la réduction des longueurs de connexion (car n'oublions pas qu'en $1ns$, le courant électrique parcourt $30cm$) ce qui entraîne l'augmentation de la vitesse de réponse des circuits ($500Mhz$ et plus).

V. Familles des circuits intégrés

On divise les circuits électroniques en deux grandes catégories:

- * les circuits numériques (ou logiques)
- * les circuits linéaires (ou analogiques).

Ils se différencient par la manière dont ils traitent l'information:

- Les circuits numériques travaillent par « **tout ou rien** » (leurs signaux d'entrée et de sortie ne prennent que deux valeurs représentées conventionnellement par **0** et **1**)
- Les circuits linéaires présentent un signal de sortie fonction des signaux d'entrée. Ce type de circuit intégré est apparu un peu plus tard que le premier, vers 1965.

Ces deux catégories se divisent aussi en familles. Bien que les frontières ne soient pas toujours très nettes, on pourra grossièrement présenter les subdivisions suivantes:

V.1. Circuits intégrés logiques

Il existe plusieurs familles de circuit intégré numériques donc les plus importantes sont:

- **Logique RTL** (Resistor Transistor Logic)
- **Logique DTL, DCTL, ...** (Diode Transistor Logic)
- **Logique TTL** (Transistor Transistor Logic)
- **Logique MOS** (Metal On Silicon)

V.2. Circuits intégrés linéaires

Leur classement est peut-être plus difficile mais on pourra toujours dire qu'il y a des circuits intégrés:

- Amplificateurs opérationnels
- Alimentations stabilisées
- Grand Public (pour radio-TV, montres, ...)
- Interfaces (commande de lignes, lecteurs de tores, ...)
- Divers (commande de thyristors, PLL, complexes, ...)

Nous donnons dans cette suite de chapitre un aperçu sur Les familles les plus répandues.

VI. Circuits intégrés**VI.1. Circuits TTL**

Leurs caractéristiques sont les suivant:

- La tension d'alimentation est de $5v$.
- Le temps de propagation sont de $10nS$.
- La consommation moyenne absorbée par porte est de l'ordre de $10mW$.
- La sortante de l'ordre 10 .

VI.2. Circuits CMOS

Ces circuits présentent les caractéristiques suivantes:

- La tension d'alimentation est comprise entre $+3V$ et $+16V$ (les niveaux logiques typiques pour une alimentation de $12V$ sont $0,01V$ et $11,99V$).
 - La tension de seuil procure une immunité aux bruits importante. Pour une alimentation de $12V$, l'immunité aux bruits est de $5,4V$.
- La faible consommation du fait de leur grande impédance d'entrée (10^{13} à $10^{15}\Omega$). La consommation est d'environ $0,1mW$ par porte.
 - La sortance est très élevée et généralement supérieur à 50 , d'où la facilité à ces circuits intégrés de pouvoir alimenter plusieurs autres circuits intégrés.
 - Les CMOS sont très sensibles à la contamination en impuretés (charges électrostatiques) malgré qu'ils soient protégés.
 - Le temps de propagation sont long de l'ordre 50 à $100nS$.

En se limitant uniquement à ces caractéristiques pour information complémentaires, nous orientons le lecteur vers les différentes documentations des constructeurs

VI.3. Circuits intégrés linéaires (analogiques)

Il s'agit de circuits travaillant avec des tensions pouvant prendre différentes amplitudes : régulateurs de tension genre *LM 7812*, amplificateurs opérationnels genre *LM 741* ou *NE5532*, amplificateurs BF de type *LM 386* ou *TDA 2030*.

VI.4. Circuits intégrés logiques (numérique)

Il s'agit de circuits travaillant en tout ou rien, généralement avec des tensions d'entrée et de sorties égales à ou proche de leur tension d'alimentation.

Les circuits intégrés numériques (logiques) sont classés suivant leur technologie de fabrication.

Les familles logiques principales sont :

- ✓ **Les familles bipolaires** : elles sont fabriquées à base de transistors bipolaires. La plus répandue d'entre elles est la famille **TTL** (Transistor Transistor Logic) qui possède de nombreuses variantes.
- ✓ **Les familles CMOS** : elles sont fabriquées à base de transistor **CMOS**.
- ✓ **Les familles BICMOS** : ces familles combinent les avantages des technologies Bipolaires et CMOS.
- ✓ **Les familles Low Voltage** : ce sont des familles **CMOS** ou **BICMOS** fonctionnant avec une faible tension d'alimentation.

La raison de l'existence d'un nombre important de familles logiques et qu'il est difficile de concevoir une porte logique qui a, à la fois, de très bonnes performances en consommation, vitesse et immunité au bruit.

Les principales informations sur les circuits intégrés CMOS choisis pour notre réalisation sont données dans la suite de ce chapitre.

VII. Circuit intégré TTL (Transistor-Transistor Logic)

VII.1. Introduction

Un circuit intégré désigne un bloc constitué par un monocristal de silicium (Puce) de quelques millimètres carrés à l'intérieur duquel se trouve inscrit en nombre variable des



Fig.2. Circuit intégré TTL

composants électroniques élémentaires (Transistors, diodes, résistances, condensateurs,...).

Les circuits intégrés logiques sont classés suivant leur technologie de fabrication (bipolaire TTL, bipolaire ECL, MOS,...).

Pour un fonctionnement logique identique, chaque technologie offre des performances différentes sur le plan électrique (tensions, courants, puissances) et temporel (rapidité).

Une famille logique est caractérisée par ses paramètres électriques :

- ✓ La plage des tensions d'alimentation et la tolérance admise sur cette valeur,
- ✓ La plage des tensions associée à un niveau logique, en entrée ou en sortie,
- ✓ Les courants pour chaque niveau logique, en entrée ou en sortie,
- ✓ Le courant maximum que l'on peut extraire d'une porte logique et le courant absorbé en entrée,
- ✓ La puissance maximale consommée qui dépend souvent de la fréquence de fonctionnement. Les performances dynamiques principales sont :
 - ✓ Les temps de montée (transition bas-haut) et de descente (transition haut-bas) des signaux en sortie d'une porte,
 - ✓ Les temps de propagation d'un signal entre l'entrée et la sortie d'une porte logique.

Les différentes notions abordées seront illustrées de valeurs numériques issues de la technologie TTL.

VII.2. Caractéristiques d'un circuit intégré numérique

VII.2.1. Définitions

✓ **VCC** : tension d'alimentation : niveau de tension nécessaire pour alimenter le circuit.

✓ **V_{IH}** (min) : tension d'entrée niveau HAUT : niveau de tension nécessaire pour avoir un 1 logique en entrée.

✓ **V_{IL}** (max) : tension d'entrée niveau BAS : niveau de tension nécessaire pour avoir un 0 logique en entrée.

✓ **V_{OH}** (min) : tension de sortie niveau HAUT : niveau de tension de la sortie d'un circuit logique correspondant à l'état logique 1.

✓ **V_{OL}** (max) : tension de sortie niveau BAS : niveau de tension de la sortie d'un circuit logique correspondant à l'état logique 0.

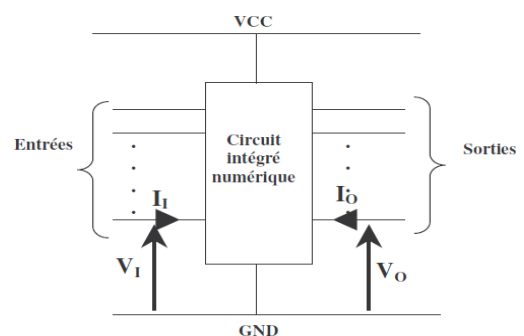


Fig.3. Schéma d'un circuit intégré

Les courants pour chaque niveau logique, en entrée ou en sortie,

✓ **I_{IH}** : courant d'entrée niveau HAUT : le courant qui traverse une borne d'entrée quand une tension niveau haut est appliquée à cette entrée.

✓ **I_{IL}** : courant d'entrée niveau BAS : le courant qui traverse une borne d'entrée quand une tension niveau bas est appliquée à cette entrée.

✓ **I_{OH}** : courant de sortie niveau HAUT : le courant qui traverse une borne de sortie placée au niveau logique 1 dans des conditions de charge spécifiées.

✓ **I_{OL}** : courant de sortie niveau BAS : le courant qui traverse une borne de sortie placée au niveau logique 0 dans des conditions de charge spécifiées.

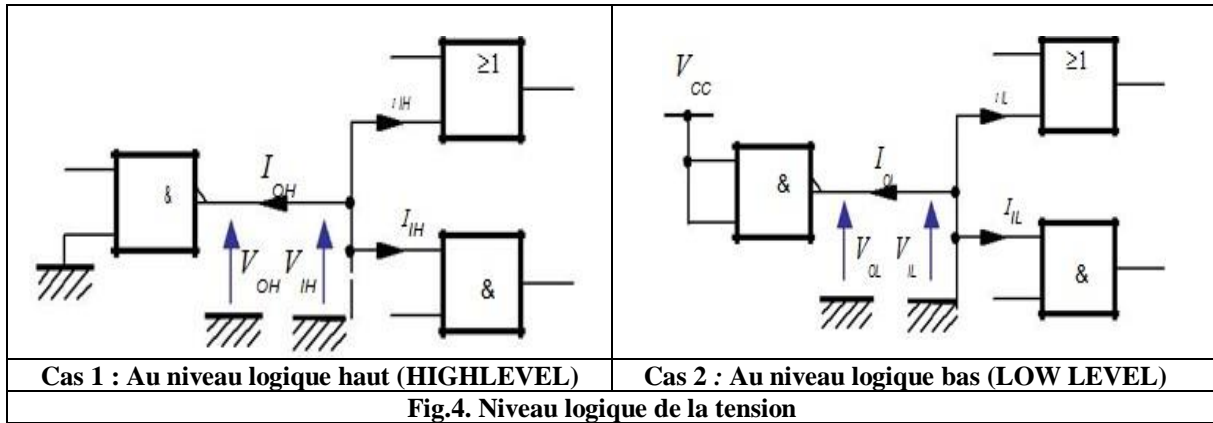
VII.2.2. Tension caractéristique

a. Tension d'alimentation

Les circuits intégrés sont alimentés sous une tension nominale V_{CC} :

Famille	Tension
TTL(série 74)	$V_{CC} = 5v + 5\%$
TTL(série 54)	$V_{CC} = 5v + 10\%$
CMOS4000	$V_{dd} = 3v \text{ à } 15v$

Tableau 1 : Tension



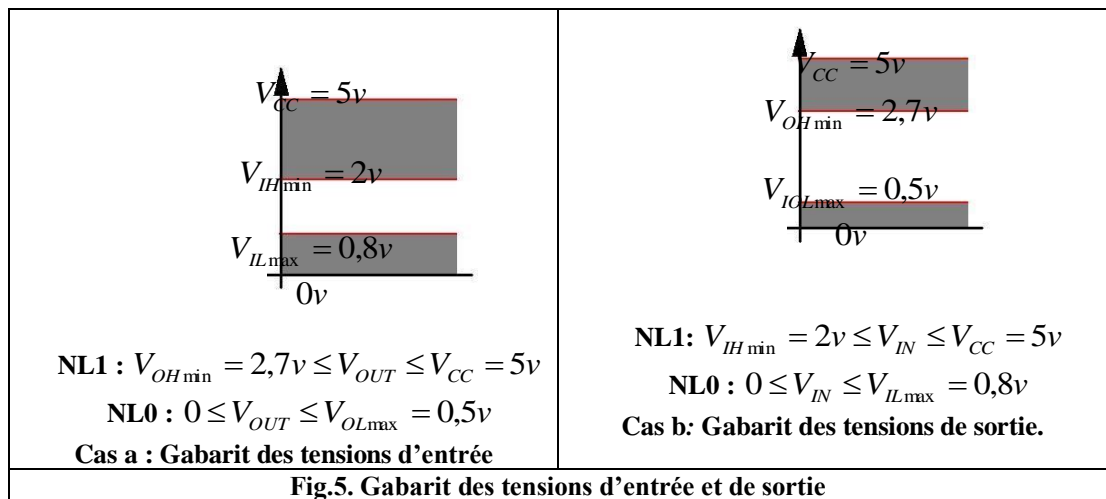
b. Classes d'intégrations

Dans l'ordre chronologique, on distingue 4 classes d'intégration :

- Les microcircuits **SSI** (*Single Size Intégratio*) : ≈ 100 transistors par cm^2 .
- Les circuits intégrés **MSI** (*Médium Size Intégration*) : ≈ 1000 transistors par cm^2 .
- Les circuits **LSI** (*Large Size Intégration*) : ≈ 10000 à 100000 transistors par cm^2 .
- Les circuits **VLSI** (*Very Large Size Intégration*) : ≈ 0.1 à 1 million transistors par cm^2 .

c. Gabarit de tension

Un niveau logique correspond à une plage de tensions : le niveau logique 1 (entre V_{CC} et une limite inférieure à V_{CC}) et le niveau 0 (de $0v$ à une limite supérieure) illustrés par la figure 4.



d. Gabarit de transfert

Les deux graphes précédents sont rassemblés en un seul pour traduire la fonction logique entre ces tensions : c'est le **gabarit de transfert**.

Une porte satisfait le gabarit si sa courbe de transfert se trouve dans la partie non grisée.

La **tension de basculement**, notée V_T (T pour *threshold*, seuil), correspond à la tension d'entrée pour laquelle la sortie change d'état (approximativement l'intersection de la tangente au point d'inflexion de la courbe avec l'axe V_{IN}).

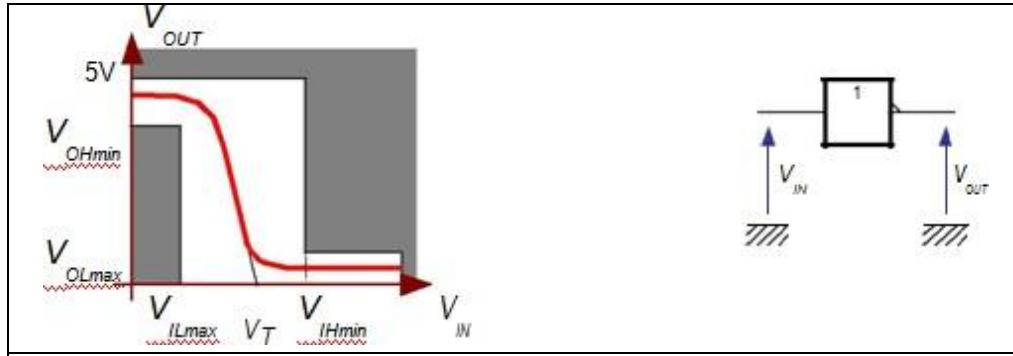


Fig.6. Caractéristique de transfert d'une porte inverseuse

e. Compatibilité des niveaux logiques

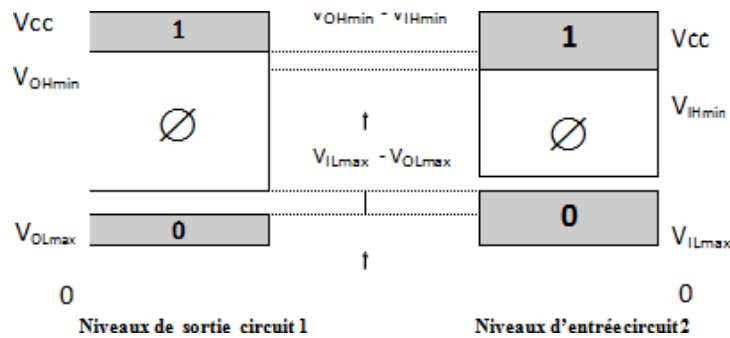


Fig.7. Niveau logique d'entrée et de sortie

- ❖ Compatibilité au niveau haut : Il faut que $V_{OHmin} > V_{IHmin}$
- ❖ Compatibilité au niveau bas : Il faut que $V_{OLmax} < V_{ILmax}$

f. Temps moyen de propagation

Lorsqu'on applique à l'entrée d'un circuit un niveau logique, il y a un certain retard pour que la sortie réagisse. Cette durée est le temps moyen de propagation t_{PD} .

$$T_{PD} = \frac{(t_{PHL} + t_{PLH})}{2}$$

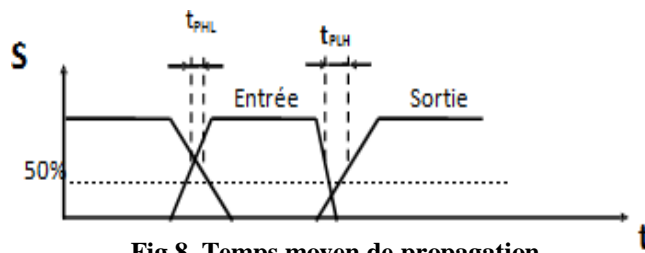


Fig.8. Temps moyen de propagation

- ❖ t_{PHL} : Temps de propagation du niveau haut au niveau bas.
- ❖ t_{PLH} : Temps de propagation du niveau bas au niveau haut.

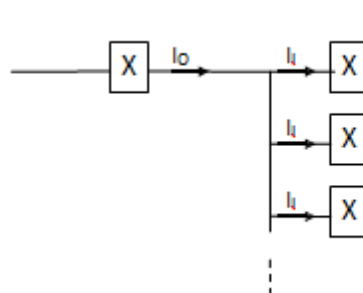
Remarque :

Ce temps détermine la fréquence maximale F_{max} à laquelle les circuits intégrés sont capables de réagir.

I.

II. g. Facteur de charge : Sortance N

Ce paramètre caractérise le nombre N maximal d'entrées de portes logiques pouvant être commandées par la sortie d'un autre opérateur logique de la même famille.



I_{OH} : Courant de sortie maximal à l'état haut
 I_{OL} : Courant de sortie maximal à l'état bas
 I_{IH} : Courant d'entrée maximal à l'état haut
 I_{IL} : Courant d'entrée maximal à l'état bas

Fig.9. Facteur de charge ou Sortance

* Sortance N (A l'état haut) = I_{OH}

* Sortance N (A l'état bas) = I_{OL} / I_{IL}

Remarque

La documentation constructeur fournit les données suivantes : I_{OH} , I_{IH} , I_{OL} , I_{IL} .

VIII. Familles des circuits intégrés logiques

Il existe plusieurs familles de circuits technologiques. Les 2 plus utilisées sont :

- ✓ TTL (*Transistors Transistors Logic*)
- ✓ CMOS (*transistors à effet de champ MOS - Complémentaire - Métal - Oxyde - Semi-conducteur*)

VIII.1. Circuits logiques TTL**VIII.1.1. Présentation**

C'est une famille de circuits logiques utilisée en électronique inventée dans les années 1960. Cette famille est réalisée avec la technologie du transistor bipolaire et tend à disparaître du fait de sa consommation énergétique élevée (comparativement aux circuits CMOS). Les avantages de cette famille :

- ✓ Les entrées laissées en 'l'air' ont un état logique à 1 par défaut.
- ✓ Une bonne immunité au bruit.
- ✓ Un temps de propagation faible. Les inconvénients de cette famille :
- ✓ L'alimentation doit être précise à $5V \pm 5\%$ sinon on risque de détruire le circuit.
- ✓ Du fait qu'elle est réalisée avec des transistors bipolaires elle consomme pas mal de courant comparé à la famille CMOS. (Car les transistors bipolaires sont commandés en courant).

Les circuits TTL reposent sur l'usage exclusif du transistor. Le masque de diffusion de celui-ci est standard, d'où des coûts très réduits.

La technologie TTL (Transistor Transistor Logic), a vu le jour en 1964. Ses circuits logiques sont réalisés avec des transistors bipolaires NPN. Cette technologie propose aujourd'hui le plus grand choix de circuits.

La technologie TTL se décompose en 7 familles logiques :

TTL Standard	74	
TTL Low power	74Lxx	(faible consommation)
TTL Schottky	74Sxx	(réalisé avec des transistors schottky)
TTL Low power Schottky	74LSxx	(schottky faible consommation)
TTL Advanced Schottky	74ASxx	(technologie schottky avancée)
TTL Advanced Low Power Schottky	74ALSxx	
TTL Fast	74Fxx	(Rapide)

Tableau 2 : Famille de la technologie TTL

Remarque

* La famille TTL

Dans la désignation d'une famille TTL, la signification des lettres **L**, **S**, **F**, et **A** est donc la suivante :

L = Low power = faible consommation

S = Réalisée avec transistor Schottky = rapidité

F = Fast = rapide

A = Technologie Avancée

Les 7 familles de la technologie TTL fonctionnent avec une tension d'alimentation de $5V \pm 5\%$.

Les familles logiques les plus utilisées aujourd'hui en technologie TTL sont les familles **LS** et **ALS**.

Les jonctions d'un transistor schottky sont réalisées à partir d'un semi-conducteur de type N ou P et d'un métal ; la conséquence est qu'un transistor schottky est bien plus rapide qu'un transistor bipolaire classique, du fait de la jonction Métal / Semi-conducteur.

Parmi les 7 familles de la technologie TTL, 3 sont réalisées avec des transistors bipolaires classiques, et 4 avec des transistors schottky :

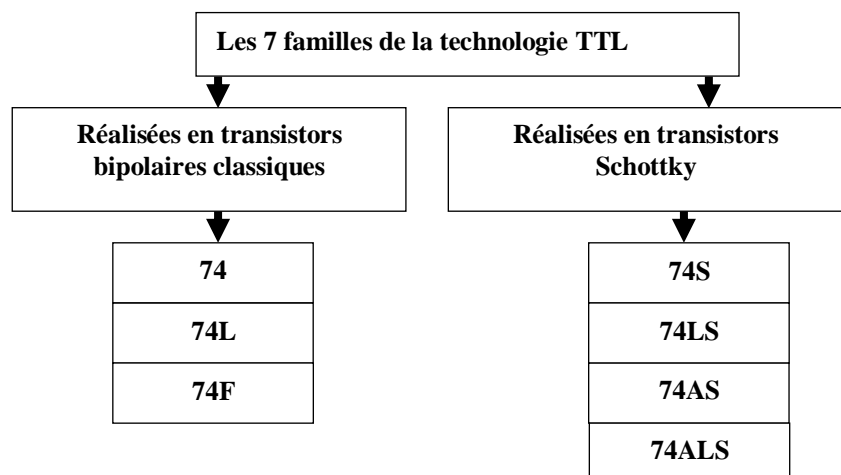


Fig.10. Famille de la technologie TTL

VIII.1.2. Caractéristiques

La famille TTL a les caractéristiques résumées dans le tableau suivant :

Référence de boîtier	Caractéristiques de fonctionnement
* TTL standard (n'est plus utilisée) : 74 XX * TTL Low Power: 74 LXX * TTL Schottky (Rapide): 74 SXX * TTL Low Power Schottky: 74 LSXX * TTL Advanced Schottky: 74 ASXX TTL * Advanced Low Power Schottky: 74 ALSXX	* Gamme d'alimentation : $5V \pm 5\%$ * Gamme de température : de $0^{\circ}C$ à $70^{\circ}C$. * Puissance dissipée : environ $2mW$ par porte (série LS). Fréquence de fonctionnement : jusqu'à $3Mhz$. * Sortance : jusqu'à 20 (série LS). (Nombre d'entrées que l'on peut relier à une sortie de porte)
Niveaux Logiques d'une porte logique TTL(LS) en entrée	Sortie à collecteur ouvert (Open collector)
Tableau 3 : Famille TTL (Transistors Transistors Logic)	

Remarque

Les séries 74 existent en 2 gammes, dont la différence est la plage de fonctionnement en température :

la gamme industrielle (74xxx) fonctionnant entre $0^{\circ}C$ à $70^{\circ}C$

la gamme militaire (54xxx) fonctionnant entre $-55^{\circ}C$ à $+125^{\circ}C$.

VIII.2. Circuits logiques CMOS

VIII.2.1. Introduction sur la famille CMOS

La technologie CMOS (Complémentaire Metal Oxyde Semi-conductor), a vu le jour en 1970. Ses circuits logiques sont réalisés avec des transistors MOS.

L'avantage principal de cette technologie est la faible consommation (au détriment de la rapidité).

La technologie CMOS se décompose en 6 familles logiques ; on y distingue les CMOS classiques (2 familles) et les CMOS rapides (4 familles) :

Les 2 familles en CMOS classiques :

- la série 4000 (alimentation de 3 à 18v)

- 74 C (même technologie que la série 4000, mais brochage et fonctions de la série 74)

Les 4 familles en CMOS rapides :

- 74 HC (CMOS rapide comme la famille TTL LS, alimentation de 2 à 6v)

- 74 HCT (compatibilité totale avec la famille TTL LS, alimentation 5v, rapidité et consommation de la famille CMOS HC)

- 74 AC (CMOS encore plus rapide que la famille HC)

- 74 ACT (CMOS AC compatible TTL)

Dans la désignation d'une famille CMOS, la signification des lettres C, H, T, et A est la suivante :

C = technologie CMOS

H = High speed = rapidité

T = compatibilité avec la technologie TTL

A = technologie Avancée

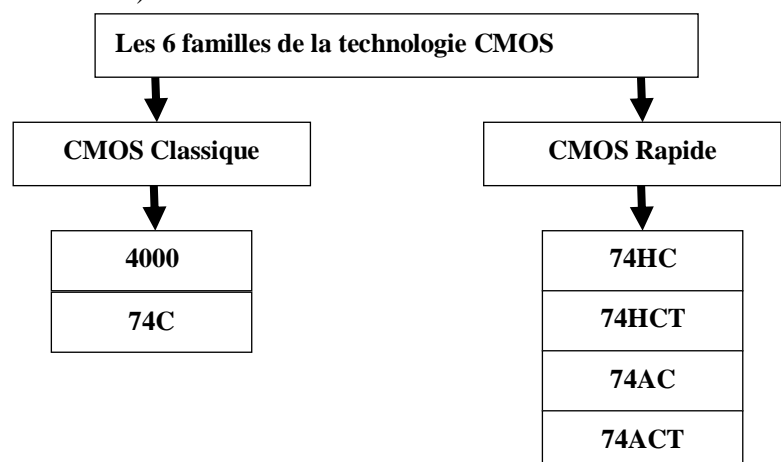


Fig.11. Famille de la technologie CMOS

La série 4000 existe en version standard (circuits 4000) et en version bufférisée (circuits 4000B).

VIII.2.2. Présentation

CMOS est l'abréviation de "**Complementary Metal Oxide Semi-conductor**".

Le premier dispositif MOS est apparu en 1960.

Son développement a été rendu possible par les progrès réalisés par la technologie TTL.

Cette famille est réalisée avec des transistors à effet de champs.

Les avantages de cette famille :

- ✓ L'alimentation peut aller de 3 à 18v.
- ✓ Le courant d'entrée est nul, car elle est réalisée avec des transistors à effet de champs. (Les transistors à effet de champs sont commandés en tension).
- ✓ Une excellente immunité au bruit. Les inconvénients de cette famille.
- ✓ La vitesse de commutation est plus faible que pour la technologie TTL.

VIII.2.3. Caractéristiques

Référence de boîtier	Caractéristiques de fonctionnement
<p>Série 4000 : 40 00 B (sorties bufférisées : amplifiées) 40 00 UB (sorties non-bufférisées)</p> <p>Série 74 : 74 C 00 (identique à la série 4000) 74 HC 00 (High-speed CMOS : CMOS rapides)</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Gamme d'alimentation : de 3 à 15v * Gamme de température : de - 40°C à + 85°C * Puissance dissipée : environ 10nW par porte. * Fréquence de fonctionnement : jusqu'à 12MHz. * Sortance: jusqu'à 50 (série 4000B). (Nombre d'entrées que l'on peut relier à une sortie de porte) * Excellente immunité aux bruits.

Tableau 4 : Familles CMOS (Transistors Transistors Logie)

Remarque

* Les technologies les plus utilisées aujourd'hui sont la technologie TTL et la technologie CMOS.

* La technologie ECL est la plus récente de toutes ; son avantage principal est la rapidité (100 fois plus rapide que la série 4000 en CMOS). Mais en échange d'un temps de propagation relativement faible (moins de 1 ns) la technologie ECL présente les inconvénients suivants :

- consommation élevée
- difficulté de mise en œuvre
- prix des circuits logiques élevé
- nombre de fonctions logiques existantes limité dans cette technologie

IX. Circuits Intégrés de la série 7400

IX.1. Introduction

La **série des 7400** est une famille de circuits intégrés dont la caractéristique est d'utiliser la technique TTL.

Néanmoins, depuis l'invention de cette série, de nombreuses autres techniques ont été inventées, qui reprennent cette nomenclature avec un code du type 74XY :

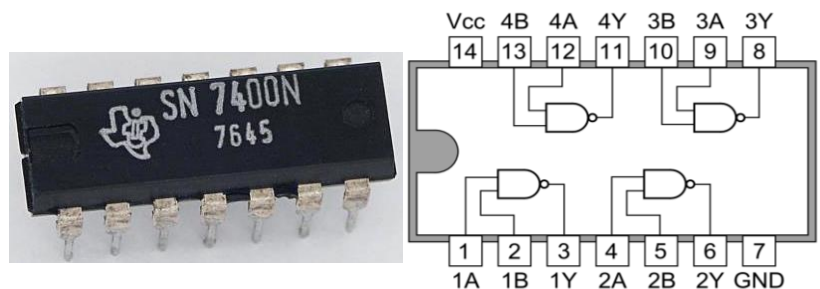


Fig.12. Circuit Intégré 7400

- X est un code composé d'une ou plusieurs lettres indiquant la technique (par exemple S, LS, HC, ACT...)

- Y reprend le code de la fonction originelle de la série TTL (par exemple un circuit 74ACT245 réalise la même fonction logique qu'un 74245, mais avec des performances différentes).

Le **préfixe 54** (au lieu de 74) est utilisé pour les composants de classe « militaire » (c'est-à-dire qui fonctionnent de -55°C à $+125^{\circ}\text{C}$).

IX.2. Circuit Intégré 7400

IX.2.1. Présentation du circuit

Le **circuit intégré 7400** fait partie de la série des circuits intégrés 7400 utilisant la technique TTL.

Le circuit est composé de quatre portes logiques indépendantes NON-ET à deux entrées et une seule sortie par porte de la figure 12.

avec 4 portes NAND (2 entrées et une sortie)

- **NAND 1** : Entrées (Broches 1 et 2): 1A, 1B et Sortie (Broche 3): 1Y
- **NAND 2** : Entrées (Broches 4 et 5): 2A, 2B et Sortie (Broche 6): 2Y
- **NAND 3** : Entrées (Broches 9 et 10): 3A, 3B et Sortie (Broche 8): 3Y
- **NAND 4** : Entrées (Broches 12 et 13): 4A, 4B et Sortie (Broche 11): 4Y
- **VCC** : (Broche 14) Tension d'alimentation
- **GND**: (Broche 7) Masse

Les diodes qui se trouvent presque toujours en parallèle sur chaque entrée servent à atténuer d'éventuelles pointes de tension négative dues à une sorte d'inertie électrique, au cours du passage de l'état haut à l'état bas, parce que les oscillations qui s'ensuivraient pourraient donner un signal logique 1 provisoire indésirable.

Dans ce type de circuit intégré, les entrées des différentes portes laissées libres se portent automatiquement au niveau haut, c'est-à-dire une tension de peu inférieure à celle d'alimentation.

La série 7400 qui renferme quatre portes NAND à deux entrées, et dont le schéma logique est celui de la figure 12.

Chacune des quatre portes est réalisée électriquement comme l'indique la figure 13 sur laquelle on peut voir le transistor multi-émetteur (réduit à deux dans notre cas).

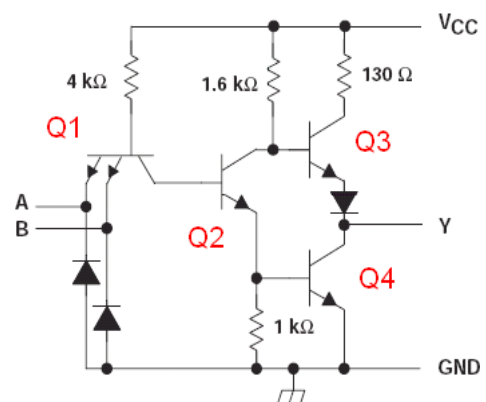


Fig.13. Schéma interne des portes logiques du 7400

Remarque

On appelle « fan out » la capacité d'une sortie d'absorber des courants d'un certain nombre de charges (qui en général seront des entrées des autres portes logiques) à un niveau logique **0**, et aussi la capacité de fournir des courants à un certain nombre de charges à un niveau logique **1**.

Une sortie peut être reliée à plusieurs entrées d'autres circuits, la seule limite est la règle suivante : la somme des entrées (fan in) des entrées reliées à une même sortie doit être inférieure ou égale à la sortance (fan out) de la sortie considérée.

En général, chaque sortie à un fan out égal à 10, c'est-à-dire est capable de piloter un maximum de 10 entrées des autres portes, et d'absorber au moins 16mA au niveau logique **0**.

Un autre paramètre important est le temps de propagation, c'est-à-dire le temps qui s'écoule dans une même porte entre le changement de niveau logique à une entrée et le changement qui s'ensuit, s'il se produit, du niveau de sortie.

Ce retard est faible, de l'ordre de $10ns$, mais peut revêtir une importance particulière pour certains projets.

L'absorption de courant est de quelques mA pour chaque porte, c'est-à-dire $3mA$ quand la sortie est au niveau **0**, et environ $1mA$ quand la sortie est au niveau **1**.

Les sorties des portes peuvent être accidentellement court-circuitées avec la masse, sans danger ; cependant, si le court-circuit est continu, on ne peut court-circuiter plus d'une sortie à la fois, pour un même circuit intégré, pour des raisons thermiques ; en général, on ne peut effectuer ces courts-circuits pendant plus d'une seconde pour éviter la destruction du circuit intégré par effet thermique.

Fonctionnement simplifié du 7400 (NAND à deux entrées)

On trouve un transistor multi-émetteur Q_1 en entrée :

* Si l'une au moins des entrées est au niveau bas, le transistor

Q_1 conduit $\Rightarrow Q_2$ bloqué $\Rightarrow Q_3$ conducteur et

Q_4 bloqué \Rightarrow sortie au niveau haut

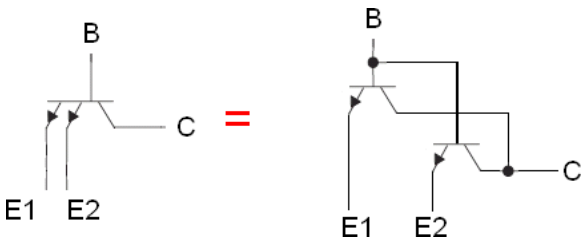


Fig.14. Schéma multi-émetteurs

Remarques

* Le courant maximum dans la résistance de $4k\Omega$ est :

$$(V_{CC} - V_{BE1}) / 4k\Omega \approx (5 - 0,6) / 4k\Omega = 1,1mA$$

Aux incertitudes près, on retrouve la valeur indiquée par le constructeur :

$$|I_{IL_{max}}| = 1,6mA$$

* Le courant maximum débité en sortie est :

$$(V_{CC} - V_{CE3} - V_{diode}) / 130\Omega \approx (5 - -0,2 - 0,6) / 130\Omega = 32mA$$

Le constructeur indique que :

$$|I_{IOS_{max}}| = 55mA$$

* Si toutes les entrées sont au niveau haut, le transistor

Q_1 conduit en inverse (avec un β faible) $\Rightarrow Q_2$ conducteur $\Rightarrow Q_3$ bloqué et

Q_4 conducteur \Rightarrow sortie au niveau bas

On retrouve bien la table de vérité de la porte NAND.

Remarque

* Le courant maximum dans la résistance de $1,6k\Omega$ est :

$$(V_{CC} - V_{CE2} - V_{BE4}) / 1,6k\Omega \approx (5 - 0,2 - 0,6) / 1,6k\Omega = 2,6mA$$

IX.2.2. Consommation électrique

La consommation électrique de circuit intégré 7400.

* sortie au niveau haut : environ $1mA$

* sortie au niveau bas : environ $3mA$

Pour le boîtier (4 portes) :

$$I_{CCH} = 4mA \text{ (typique)}$$

$$I_{CCL} = 12mA \text{ (typique)}$$

IX.3. Circuit Intégré 7490

IX.3.1. Introduction

Pour une capacité donnée, le compteur binaire est plus compact, c'est à dire qu'il nécessite le moins de bascules lors de sa conception. Tant qu'il s'agit de mémoriser les résultats dans une mémoire d'ordinateur ou système, c'est un très bon choix. Mais si l'on souhaite un résultat sous une forme plus compréhensible pour l'utilisateur, on optera pour les compteurs BCD, souvent appelés abusivement compteurs décimaux.

IX.3.2. Principe

Le compteur BCD ou décimal est constitué par un ensemble de bascules groupées par lot de 4. Chaque groupe indiquant un chiffre décimal. Ce type de compteur est utilisé dans les appareils de mesure tels que les voltmètres, les multimètres numériques ainsi que les fréquencemètres.

IX.3.3. Présentation

C'est un compteur très utilisé dans les montages électroniques.

Le 7490 est un compteur décimal (modulo 10) à deux étages.

* Le premier étage est un simple diviseur par deux d'horloge CKA et de sortie QA, le second étage est un diviseur par cinq (modulo 5) d'horloge CKB et de sorties QB, QC et QD.

* Il est possible de les utiliser séparément, ou de les réunir ensemble pour obtenir un compteur BCD (modulo 10).

Ce compteur est réalisé en technologie TTL. Le brochage de ce circuit intégré est donné à la figure 16. Le symbole «NC» signifie «non connecté».

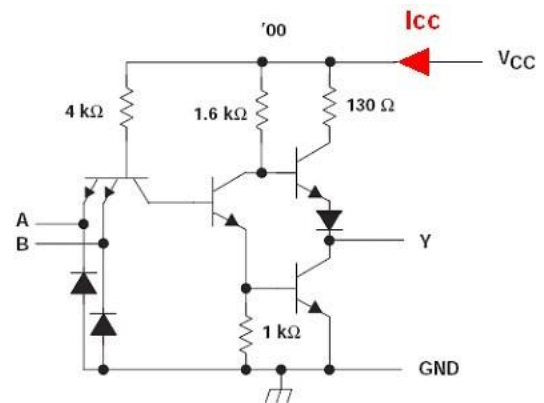


Fig.15. Schéma interne d'une porte NAND du 7400

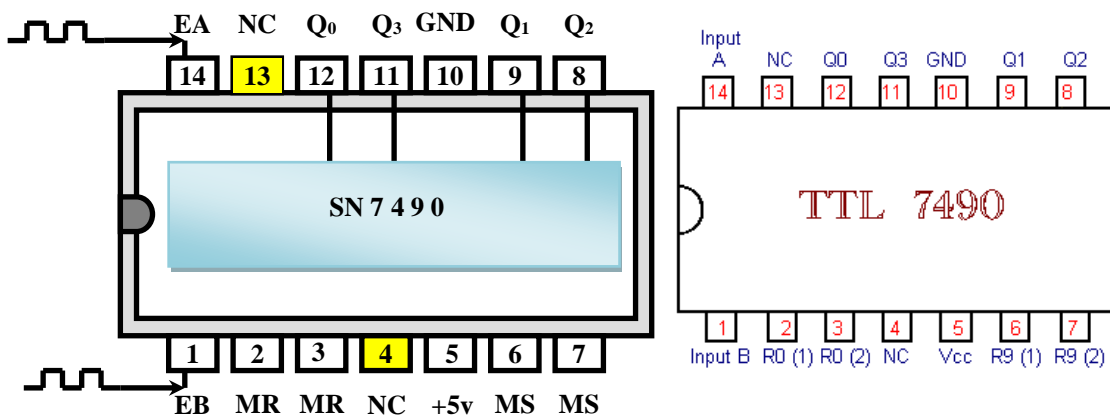


Fig.16. Brochage du compteur 7490

avec

EA (Broche 14): Entrée horloge A (CP_0)

EB (Broche 1): Entrée horloge B

NC (Broches 4, 13): Non connecté

- Q₀ (Broche 12): Sortie de la 1^{ère} bascule
- Q₁ (Broche 9): Sortie de la 2^{ème} bascule
- Q₂ (Broche 8): Sortie de la 3^{ème} bascule
- Q₃ (Broche 11): Sortie de la 4^{ème} bascule
- MR₁, MR₂ (Broches 2 et 3): Entrée permette la remise à zéro (0)
- MS₁, MS₂ (Broches 6 et 7): Entrée permette la remise à neuf (9)
- GND (Broche 10): Masse

Le schéma interne de ce circuit est représenté par la figure 17.

Ce circuit comporte deux sections. Une section **diviseur par 2** et une section **diviseur par 5**.

Il est possible soit de les utiliser séparément, soit de les réunir ensemble pour obtenir un **compteur BCD modulo 10** ou bien d'un **diviseur par 10**.

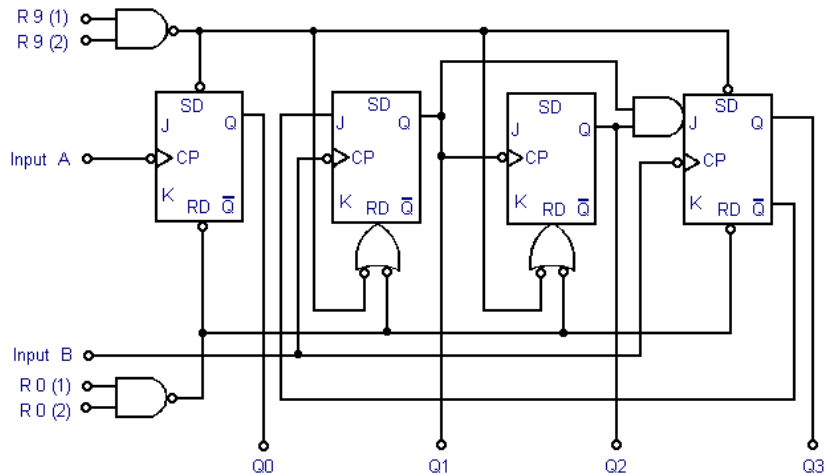


Fig.17. Schéma interne du compteur intégré TTL 7490

La première section **diviseur par 2** est constituée par la première bascule **JK** dont l'entrée d'horloge est notée «**INPUT A**» et la sortie «**Q0**». Les entrées **J** et **K** non câblées sur le schéma sont toutes rattachées au niveau logique **H**.

La deuxième section comporte les trois bascules **JK** suivantes. L'entrée d'horloge est notée «**INPUT B**» et les trois sorties sont **Q1**, **Q2** et **Q3**. Cette troisième sortie **Q3** délivre un signal **divisé par 5** par rapport au signal d'horloge appliqué à l'entrée «**INPUT B**».

Ce compteur modulo 5 utilise le code binaire.

Pour obtenir un compteur **modulo 10** en code **BCD**, il suffit de relier la sortie **Q0** à l'entrée **INPUT B**. La sortie **Q0** qui divise par deux la fréquence d'horloge commande elle-même la section **diviseur par 5**. Il est donc possible de recueillir un signal en sortie **Q3** dont la fréquence est le **1 / 10ème de celle de l'horloge**.

La table de vérité du tableau 5 permet de préciser le fonctionnement général de ce compteur.

R0(1)	R0(2)	R9(1)	R9(2)	Q3	Q2	Q1	Q0
1	1	0	X	0	0	0	0
1	1	X	0	0	0	0	0
X	X	1	1	1	0	0	1
X	0	X	0	Comptage			
0	X	0	X	Comptage			
0	X	X	0	Comptage			
x	0	0	x	Comptage			

Tableau 5 : Table de vérité relative au fonctionnement du compteur 7490

Les deux entrées **R9 (1)** et **R9 (2)** permettent de prépositionner le compteur à l'état **9**. Ces entrées sont prioritaires sur les entrées de remise à zéro (**R0 (1)** et **R0 (2)**).

SD est l'entrée de mise à «**1**» et **RD** est l'entrée de mise à «**0**».

Il existe une deuxième possibilité de raccorder les deux sections. C'est de relier la sortie **Q3** à l'entrée «**INPUT A**». Ceci permet de recueillir un signal dont la fréquence vaut toujours le $1/10^{\text{ième}}$ de celle de l'horloge mais cette fois-ci, le signal possède un rapport cyclique égal à $1/2$. Ceci apparaît sur la figure 18.

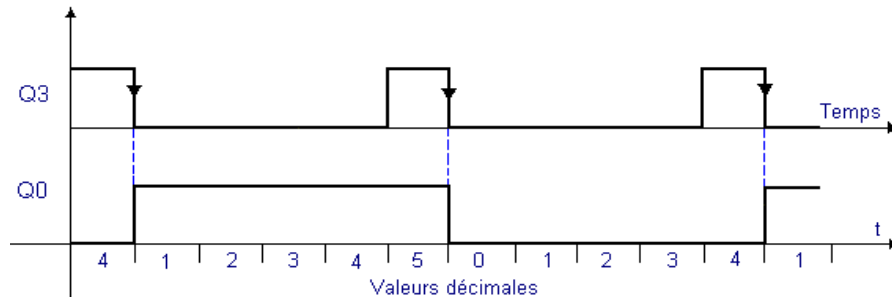


Fig.18. Signaux issus des sorties **Q3** et **Q0** quand **Q3** est raccordée à l'entrée **A**

Par contre, avec ce raccordement, les quatre sorties n'utilisent pas le code **BCD**. Le compteur obtenu compte comme suit : **0, 1, 2, 3, 4, 8, 9, A, B, C**.

Exemple

* Mise en cascade des compteurs BCD asynchrones

Chaque fois qu'on doit compter les impulsions et afficher le résultat en numération décimale, on utilise des compteurs BCD. Or un seul compteur BCD peut compter de 0 à 9 et ensuite être recyclé à 0. Pour compter des valeurs décimales plus grandes, on peut monter en cascade des compteurs BCD comme à la figure 19.

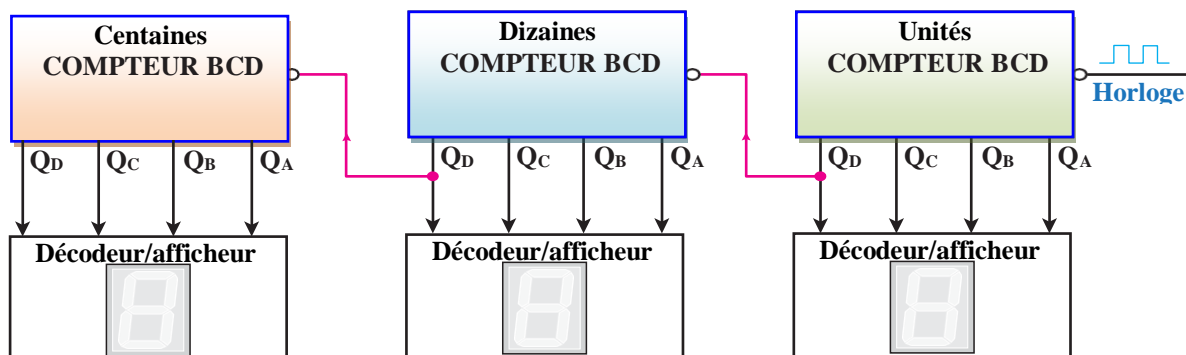


Fig.19. Mise en cascade des compteurs BCD asynchrones

Le fonctionnement de ce montage est le suivant:

- Au début, tous les compteurs sont initialisés à 0. Donc le nombre décimal affiché est 000.
- A mesure qu'arrivent des impulsions, le compteur BCD des unités s'incrémente de 1 à chaque impulsion. Après 9 impulsions, les compteurs des dizaines et des centaines sont toujours à 0 et le compteur des unités est à 9 (1001). Donc, le nombre affiché est 009.
- A la dixième impulsion d'entrée, le compteur des unités est recyclé à 0, entraînant le passage de 1 à 0 de la sortie **Q_D** de la bascule **D**. Cette transition agit comme signal d'horloge pour le compteur des dizaines qui est incrémenté. Ainsi après 10 impulsions, la valeur décimale affichée est 010.
- A mesure qu'arrivent d'autres impulsions, le compteur des unités est incrémenté à chaque impulsion et chaque fois qu'il est recyclé à 0, le compteur des dizaines augmente de

1. Donc après 99 impulsions, le compteur des dizaines est à 9 tout comme celui des unités. Le nombre affiché est 099.

➤ À la centième impulsion, le compteur des unités est recyclé à 0 ce qui entraîne également le recyclage du compteur des dizaines à 0. La sortie Q_D de la bascule D du compteur des dizaines effectue une transition de 1 à 0 qui agit comme signal d'horloge pour le compteur des centaines et provoque son incrémentation. Ainsi après 100 impulsions, on lit le chiffre décimal 100.

➤ Ce processus se poursuit jusqu'à la 999^{ième} impulsion. À la 1000^{ième} impulsion, tous les compteurs sont recyclés à 0.

On voit facilement qu'un tel montage peut être modifié pour représenter le nombre de chiffres décimaux que nous voulons en ajoutant de nouveaux étages avec leur décodeur et leur afficheur. En général, il nous faut un compteur **BCD** par chiffre décimal.

Remarque

À titre d'information, mentionnons que les compteurs **BCD** de la figure 19 peuvent être soit des circuits intégrés **7493** câblés pour réaliser des compteurs **MODULO 10**, soit des compteurs **BCD** intégrés comme le **7490**.

IX.3.4. Inconvénients et avantages des compteurs asynchrones

Les compteurs asynchrones sont assez lents car les temps de propagation des bascules s'ajoutent.

La propagation des signaux de déclenchement des bascules provoque des états transitoires qui sont indésirables quand ils sont présents durant un temps non négligeable.

Par contre, la conception de ces compteurs est très simple et les liaisons entre les bascules sont peu nombreuses.

Ce type de compteurs est déconseillé dans les applications comptant des événements hautes fréquences (en particulier lorsque le cumul du temps de propagation dépasse la période de l'évènement à compter).

IX.4. Circuit Intégré 7447

IX.4.1. Introduction

Le TTL 74LS47 est de loin le circuit intégré de décodeur à 7 segments le plus populaire et qui est capable de piloter des affichages à anode commune (CA). Le TTL 74LS47 dispose d'une entrée BCD 4 bits et de sept sorties individuelles « LOW » actives pour piloter chacun des sept segments de LED.

Active « LOW » signifie que la broche de sortie passe à la masse (0V) pour allumer un segment LED, tandis qu'une sortie « HIGH » éteindra le segment LED « OFF ». La série d'écrans HDSP est un bon point de départ, mais n'importe quel écran à anode commune standard fera l'affaire (et il y a beaucoup de choix).

A l'aide de quatre commutateurs, un nombre binaire de 4 bits est appliqué aux entrées BCD A, B, C et D du décodeur 74LS47 pour produire les signaux de sortie a , b , c , d , e , f et g utilisés pour piloter l'affichage à 7 segments en générant les nombres requis de 0 à 9 comme indiqué.

Remarque

Faire attention à l'utilisation de ces circuits décodeurs à 7 segments

* Circuits intégrés de décodeur TTL

- ✓ 74LS47 anode commune
- ✓ 74LS48 Cathode commune

✓ 74LS247 Anode commune

* CI décodeur CMOS

✓ 74HC4511 Cathode commune

✓ CD4513 Cathode commune

IX.4.2. Présentation

Le **circuit intégré 7447** fait partie de la série des circuits intégrés 7400 utilisant la technologie TTL.

Ce circuit est un décodeur BCD à 7 segments avec une sortie à collecteur ouvert d'une protection de 15 volts.

Ce décodeur dispose de sorties à collecteurs ouverts autorisant une liaison directe avec des afficheurs à anode commune avec:

A, B, C, D (Broches 7, 1, 2, 6) : Entrées pour les quatre bits du code DCB.

LT (Broche 3): Lampe test, entrée pour contrôler le fonctionnement des segments de l'afficheur.

R_0, R_1 (Broches 4, 5) : Entrée pour bloquer la visualisation sur l'afficheur du chiffre zéro.

a, b, c, d, e, f, g (Broches 13, 12, 11, 10, 9, 15, 14): Sorties 7 segments.

Ce décodeur dispose de sorties à collecteurs ouverts autorisant une liaison directe avec des afficheurs à anode commune. Des entrées supplémentaires sont aussi prévues :

- ✓ **LT** ou «**Lamp Test**» qui permet de vérifier le fonctionnement de l'afficheur en allumant tous les segments si **BI** est à l'état 1.
- ✓ **BI / RBO** ou «**Blanking Output**» qui permet l'effacement des segments de l'afficheur quelque soit l'état des autres entrées.
- ✓ **RBI** ou «**Ripple Blanking Input**» qui permet l'effacement des 0 à gauche si **A, B, C, D** sont à 0.

Le schéma interne de ce circuit est représenté par la figure 21. Son logigramme interne qui est un réseau combinatoire

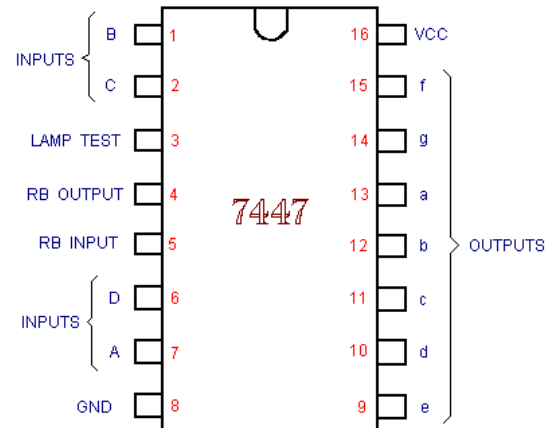


Fig.20. Brochage du circuit intégré décodeur 4 vers 7 de type 7447

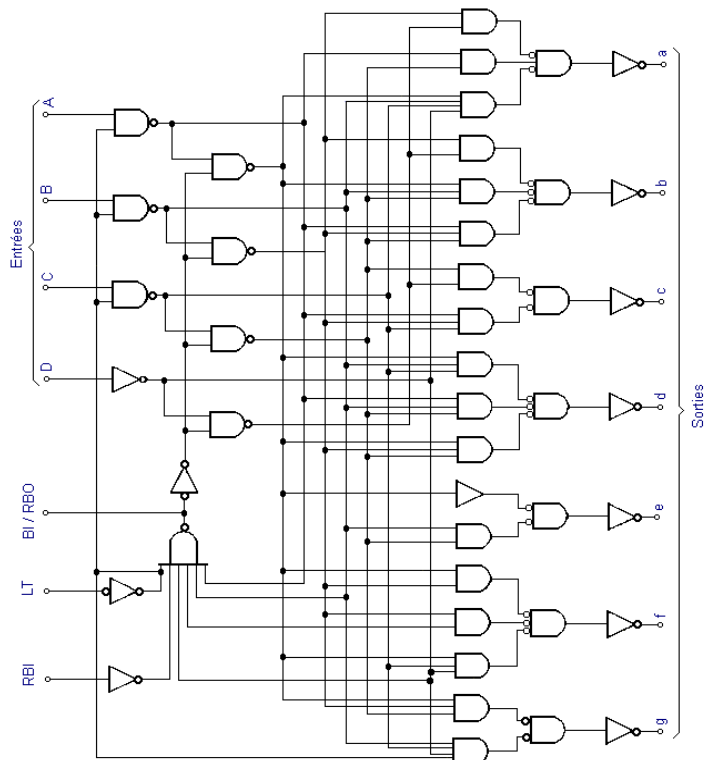


Fig.21. Logigramme d'un décodeur 4 vers 7 de type 7447

La table de vérité du décodeur **7447** du tableau 6 permet de préciser le fonctionnement général de ce décodeur.

Décimal ou fonction	Entrées							Sorties						
	LT	RBI	D	C	B	A	BI/RBO	a	b	c	d	e	f	g
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	1	X	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
2	1	X	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
3	1	X	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
4	1	X	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
5	1	X	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
6	1	X	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
7	1	X	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
8	1	X	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	1	X	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
10	1	X	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
11	1	X	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
12	1	X	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
13	1	X	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
14	1	X	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
15	1	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BI	X	X	X	X	X	X	0	1	1	1	1	1	1	1
RBI	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
LT	0	X	X	X	X	X	1	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 6 : Table de vérité

IX.4.2. Fonctionnement avec des afficheurs

La connexion entre le décodeur/driver 74LS47 et l'affichage à anode commune nécessite sept résistances (huit si le point décimal est inclus) pour limiter le flux de courant. Pour que chaque segment LED de l'écran s'allume correctement, le flux de courant à travers chaque segment doit être soigneusement contrôlé.

La meilleure méthode pour limiter le courant à travers un segment d'affichage consiste à utiliser une résistance de limitation de courant en série avec chacun des sept segments de LED, comme indiqué. Si nous n'utilisons pas de résistance connectée en série, le courant maximum circulerait et la LED serait très lumineuse pendant une courte période, avant d'être définitivement détruite.

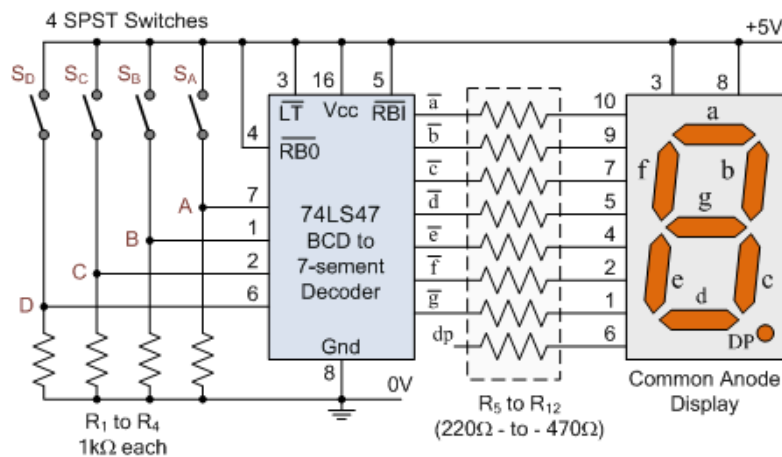


Fig.22. Branchement d'un décodeur avec un afficheur

Comme chaque segment LED d'un affichage LED typique à 7 segments est conçu pour fonctionner entre 6 à 20mA, offrant une chute de tension à travers la jonction de diode de la LED

d'environ 1,8v pour une luminosité normale. Nous pouvons calculer la valeur de la résistance de limitation de courant nécessaire pour produire le courant requis par segment de LED.

Espérons que nous avons maintenant appris et compris qu'un affichage à 7 segments est essentiellement un groupe de LED individuelles dans un seul boîtier rectangulaire et que les LED nécessitent une résistance en série pour limiter leur courant continu par segment.

Pour un affichage à anode commune, les anodes de chaque segment LED sont connectées ensemble à une alimentation de 5v, (V_S). Si lorsqu'il est allumé, la chute de tension directe à travers la jonction de la LED est d'environ 1,8v, alors la tension à travers la résistance en série doit également être égale:

$$V_S - V_{LED} = 5 - 1,8 = 3,2v.$$

Ainsi, la valeur résistive requise pour la résistance de limitation de courant en série d'un seul segment est simplement trouvée en utilisant la loi d'Ohm au flux de courant requis pour l'éclairer.

Par conséquent, nous pouvons calculer la plage de résistance requise pour limiter le courant de la LED entre 6 à 20mA pour l'application et l'intensité de la LED souhaitées, comme suit :

IX.4.3. Valeurs de résistance d'affichage à 7 segments

Ainsi, à un courant de 6mA, nous aurions besoin d'une résistance de limitation de courant en série de 533Ω, ou 560Ω à la valeur préférée la plus proche, et pour limiter le courant à 20mA, nous aurions besoin d'une résistance de 160Ω.

En réalité, toute bonne valeur de résistance préférée standard comprise entre 220Ω et 360Ω pourrait être utilisée pour éclairer un affichage à 7 segments à partir d'une alimentation de 5v, tout dépend des valeurs de résistance dont vous disposez.

$$R_{6mA} = \frac{V_S - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5 - 1,8}{0,006} = 533\Omega$$

$$R_{20mA} = \frac{V_S - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5 - 1,8}{0,02} = 160\Omega$$

Bien que nous utilisions ici un affichage LED à anode commune comme exemple, les mêmes calculs et valeurs résistives sont également vrais pour les affichages LED à cathode commune. Les réseaux de résistances à boîtier double en ligne (DIP) sont généralement disponibles avec les sept (ou huit) résistances dans un seul boîtier DIP, simplifiant le processus de câblage entre le circuit intégré du pilote et l'écran.

Remarque

Notez également que bien que nous ayons utilisé ici le CI décodeur/pilote BCD TTL 74LS47 à 7 segments avec ses sorties actives LOW (puits de courant) pour piloter un affichage anodique commun, le CI décodeur/pilote TTL 74LS48 BCD à 7 segments est exactement le même, sauf qu'il est conçu pour piloter un affichage à cathode commune car il produit des sorties HIGH actives (source de courant).

Ainsi, selon le type d'écran LED à 7 segments dont vous disposez, vous aurez peut-être besoin d'un CI 74LS47 pour la conduite, disons par exemple un écran LT542 CA, ou d'un CI 74LS48 pour piloter son écran équivalent LT543 CC.

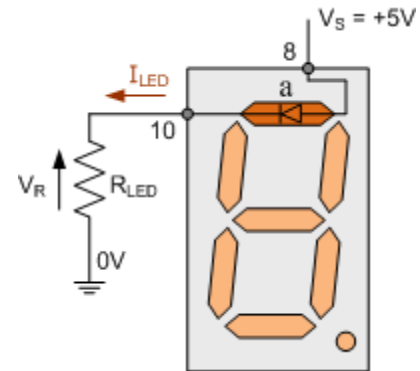


Fig.23. Afficheur avec la résistance

X. Régulateur de tension

Un régulateur de tension, est un organe **électrotechnique** ou un **composant électronique** qui maintient à sa sortie, dans certaines limites, une tension constante, indépendamment de **la charge** et de la tension d'entrée.

Un régulateur linéaire est un régulateur de tension basé sur un composant actif, travaillant dans sa zone linéaire, ou sur un composant passif, comme une **diode Zener**, travaillant dans sa zone inverse.

Ils sont destinés à assurer une correction de **tension électrique** de manière automatisée, les **régulateurs de tension** sont la garantie d'une parfaite protection de vos équipements électriques contre des problèmes tels que les **variations de tension** ou les **surcharges électriques**, les **pics de tension (courant électrique)**.

Le régulateur de tension linéaire 12v d'ON Semi-conducteur est fourni sous la famille MC7812.

Ces produits sont des circuits intégrés monolithiques conçus comme régulateurs à tension fixe pour une large gamme d'applications, y compris la régulation locale sur carte.

Le régulateur de tension positif 7812 ne nécessite aucun composant externe et intègre une protection contre les surcharges thermiques internes et une limitation de courant, ainsi qu'une compensation de zone sûre.

Aucun besoin de composants externes, bien qu'il soit possible de régler la tension et le courant avec les dispositifs externes.

Il s'agit de circuits travaillant avec des tensions pouvant prendre différentes amplitudes : régulateurs de tension genre LM7812

Le Transistor régulateur de tension 5v L7805CV, en boîtier TO-220 3 broches. Ce régulateur L7805CV de tension est un des composants les plus utilisés dans l'univers

En conclusion sur ce chapitre, l'apparition des circuits intégrés a révolutionné l'électronique et, par voie de conséquence, toute la technique actuelle.

Les recherches restent soutenues en suivant principalement trois directions:

- **Une première** qui vise la réalisation de circuits ultra-rapides et qui a conduit à l'utilisation d'un matériau autre que le **Silicium**, **l'Arséniure de Gallium** car les électrons possèdent dans ce cas une mobilité 4 à 6 fois plus élevée.

- **Une seconde** qui tente la réalisation « **volumique** » de circuits: les circuits seraient empilés les uns sur les autres dans une pastille unique mais le problème des interconnexions verticales est assez ardu, en plus des problèmes thermiques (car n'oublions pas que tous les éléments en fonctionnement s'échauffent).

- **Une troisième**, assez curieuse, est la biologie: l'idée est de réaliser des éléments **bistables** à partir de molécules organiques. On espère ainsi diviser par 100 les dimensions et les coûts sans affronter les problèmes d'échauffement des composants.

Plusieurs laboratoires dans le monde s'intéressent à cet axe. Sans préjuger de l'aboutissement de ces recherches, il semble bien que la quasi-totalité des circuits électroniques soient dans l'avenir réalisée par intégration.

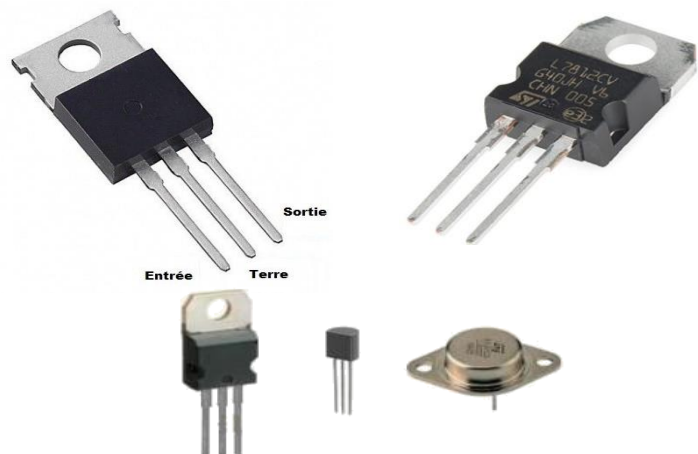


Fig.24. Régulateur de tension

D'ores et déjà, la majorité des grands utilisateurs de l'électronique font appel à l'ASIC (Application Specific Integrated Circuit ou circuit intégré spécifique à une application), qui est une technologie qui permet de réaliser à la demande n'importe quel circuit, même en VLSI et sans pour cela prévoir nécessairement une grande série.

Nous assistons donc bien à une véritable révolution et il faudra bien, à défaut d'être acteur, être spectateur attentif.

PORTES LOGIQUES

I. Introduction

Dans l'électronique numérique il y a bien un type de composant essentiel à connaître, ce sont les portes logiques. Cette famille de composants sert beaucoup, il est ainsi primordial de bien comprendre leur fonctionnement.

Les portes logiques sont à l'origine de tous les calculs effectués dans les transistors. Leur fonctionnement étant basé sur le passage éventuel du courant, elles ne peuvent que traiter des informations en langage binaire.

Ils sont la base de la logique mathématique qui effectue les opérations à l'intérieur du processeur, c'est la base de tous les calculs internes du processeur.

Dans notre étude, nous utilisons des portes électroniques, il est bon de rappeler le traitement des informations binaires de quelques portes les plus utilisées.

II. Portes

II.1. Amplification

L'amplification restitue la même information, elle est souvent utilisée en électronique digitale pour régénérer des signaux dont la tension aurait tendance à s'affaiblir. Le symbole d'amplification est présenté par la figure suivante :

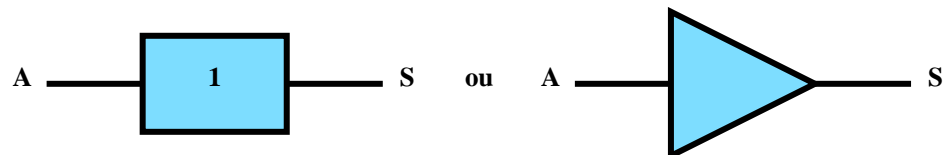


Fig.1. Symbole de l'amplification

II.2. Inversion

La première porte fondamentale est la porte NON, qui agit sur un seul bit : la sortie d'une porte NON est exactement le contraire de l'entrée.

L'inversion c'est la transformation de l'information en son complément (complément à 1). Le symbole de l'inversion est représenté par la figure suivante :

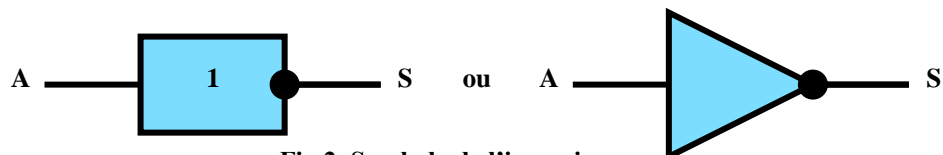


Fig.2. Symbole de l'inversion

La table de vérité de cette porte est :

Entrée A	Sortie S
0	1
1	0

$$S = \bar{A}$$

Tableau 1: table de vérité

II.3. Portes «OU» ou «OR»

La loi d'association de la porte « OU » est que si A ou B (A et B sont des variables binaires) prennent la valeur 1, alors la sortie S vaut 1 ceci se résume par la table de vérité du tableau 2 suivant :

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$S = A + B$

Tableau 2: table de vérité

La porte OU est une porte dont la sortie vaut **1** si et seulement si au moins une entrée vaut 1. Dit autrement, sa sortie est à 0 si toutes les entrées sont à 0. Dans le cas le plus simple, la porte OU possède deux entrées, ainsi qu'une seule sortie. Cette porte logique met sa sortie à 1 quand au moins une de ses entrées vaut 1. Là encore, il existe des portes OU ont plus de deux entrées. Là encore, leur sortie est à 0 si et seulement si toutes les entrées sont à 0 : si une seule entrée est à 1, alors la sortie vaut 1.

Cette porte est symbolisée comme suit :

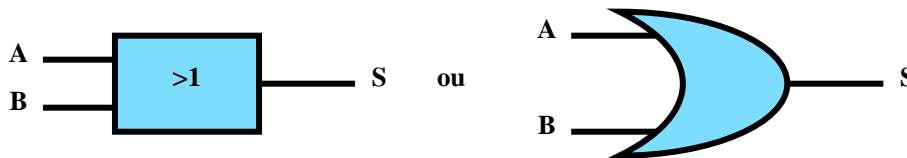


Fig.3. Symbole de la porte « OU » ou « NOR »

II.4. Porte «ET» ou «AND»

La loi d'association de A et B peut être exprimée de la manière suivante. La sortie S ne peut prendre 1 que si A et B sont les deux égaux à 1, qui se traduit par la table de vérité suivante :

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$S = A.B$

Tableau 3: table de vérité

La porte « ET » possède plusieurs entrées, mais une seule sortie. Cette porte logique met sa sortie à 1 quand toutes ses entrées valent 1. Dans le cas le plus simple, une porte « ET » possède deux entrées.

Il existe des portes « ET » qui ont plus de deux entrées, et peuvent en avoir 3, 4, 5, 6, 7, etc. Là encore, leur sortie ne vaut 1 que si toutes les entrées valent 1 : dans le cas contraire, la sortie de la porte « ET » vaut 0. Dit autrement, si une seule entrée vaut 0, la sortie de la porte « ET » vaut 0.

Le symbole de cette porte et de la manière suivante :

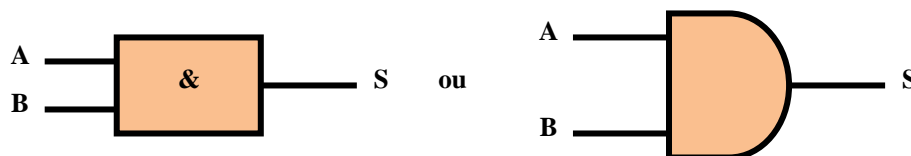


Fig.4. Symbole de la porte « ET » ou « AND »

II.5. Porte «ET NON» ou «NAND»

Cette porte est obtenue tout simplement en inversant les opérations de la porte « ET ». La table de vérité de cette porte est la suivante:

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

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

Tableau 4: table de vérité

La porte « NAND » donne l'exact inverse de la sortie d'une porte « ET ». En clair, sa sortie ne vaut 1 que si au moins une entrée est nulle. Dans le cas contraire, si toutes les entrées sont à 1, la sortie vaut 0. Dans le cas le plus simple, une porte « NAND » a deux entrées.

Là encore, il existe des portes « NAND » ont plus de deux entrées : elles peuvent en avoir 3, 4, 5, 6, 7, etc. Là encore, leur sortie ne vaut 1 que si au moins une entrée est nulle : dans le cas contraire, la sortie de la porte « NAND » vaut 0. Dit autrement, si toutes les entrées sont à 1, la sortie vaut 0.

Cette porte symbolisée de la manière suivante :

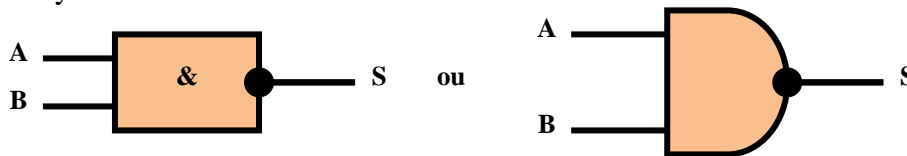


Fig.5. Symbole de la porte « NON ET » ou « NAND »

II.6. Porte «OU NON» ou «NOR»

Cette porte est obtenue tout simplement en inversant les opérations de la porte «OU». La table de vérité de cette porte est représenté par le tableau suivant

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

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

Tableau 5: table de vérité

La porte NOR donne l'exact inverse de la sortie d'une porte OU. Là encore, il en existe une version avec deux entrées, et des versions avec plus de deux entrées. Les tableaux et symboles qui suivent sont ceux d'une porte NOR à deux entrées.

Cette porte symbolisée par le schéma suivant :

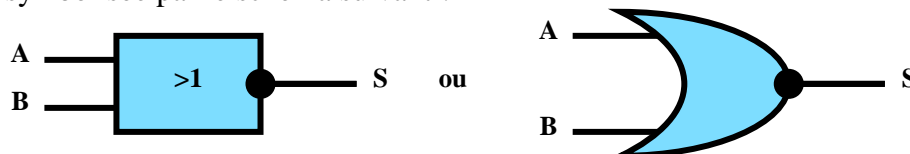


Fig.6. Symbole de la porte « NON OU » ou « NOR »

Remarque

Ces portes logiques sont présentées dans le marché sous forme de circuit intégré.

A partir de ces portes et par combinaison on peut réaliser toute de montage comme des monostables, des bascules, des oscillateurs, des multivibrateurs, des Triggers de Schmitt astables.....

III. Portes logiques arithmétiques composées**III.1. Porte XOR (disjonction exclusive)**

Porte logique **OU exclusif**, Pour que la sortie soit au niveau logique **1**, il doit y avoir une seule des entrées qui soit à **1**, dans les autres cas la sortie sera à **0**.

La table de vérité de cette porte est représenté par le tableau suivant

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$S = A \oplus B$$

Tableau 6 : Table de vérité

III.2. Porte XNOR (équivalence)

Porte logique Non **OU exclusif**, Pour que la sortie soit au niveau logique **1**, il faut que les 2 entrées soit identiques.

La table de vérité de cette porte est représenté par le tableau suivant

Entrées		Sortie
A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

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

Tableau 7 : Table de vérité

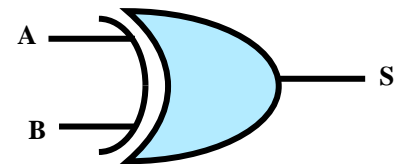


Fig.7. Symbole de la porte XOR (Disjonction exclusive)

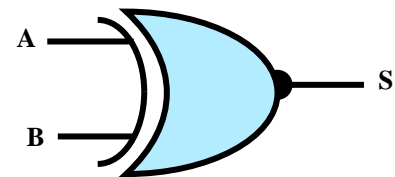


Fig.8. Symbole de la porte XNOR (Equivalence)

MULTIVIBRATEURS

I. Introduction

Le multivibrateur est un organe qui génère une onde de forme rectangulaire ou carrée, c'est à dire la sortie oscille entre deux états haut et bas.

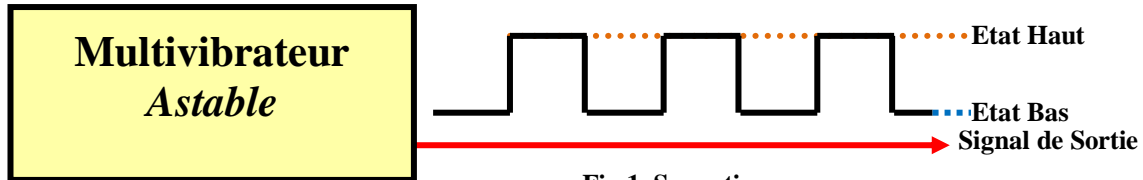


Fig.1. Synoptique

Un multivibrateur est un générateur de signaux périodiques non sinusoïdaux. Le bon fonctionnement des systèmes numériques nécessite le plus souvent de ces multivibrateurs dits de **références temporelles**.

Un montage multivibrateur est ainsi un circuit électronique permettant de générer des impulsions uniques (multivibrateur monostable ou **temporisateur** ou «**timer**») ou des suites d'impulsions (multivibrateur astable ou **oscillateur** ou «**signal d'horloge** »).

Tout multivibrateur comporte obligatoirement les organes suivants :

- * un élément actif (le transistor, l'amplificateur opérationnel, les portes logiques etc...),
- * un organe qui accumule de l'énergie (le condensateur),
- * un organe qui dissipe de l'énergie (résistance).

En fonction de l'élément actif, on distingue

- * les multivibrateurs à transistors bipolaires,
- * les multivibrateurs à porte logiques (TTL, Transistor Transistor Logique ou CMOS, Complementary Metal Oxyde Semi-conductor de types trigger de Schmitt),
- * les multivibrateurs à amplificateurs opérationnels
- * les multivibrateurs à circuit intégré (NE555, LM555, 74121,...).

Les transistors bipolaires peuvent être ainsi utilisés dans les multivibrateurs. Les multivibrateurs sont généralement utilisés dans le domaine de l'informatique pour la production des signaux électriques (signaux d'horloge, compteurs,...).

Ce sont des montages qui permettent de générer en sortie une tension rectangulaire donc les niveaux hauts et bas sont plus ou moins stables.

En fonction de cette stabilité, on distingue

- * **Les Multivibrateurs astables,**
- * **les multivibrateurs monostables**
- * **les multivibrateurs bistables.**

Les multivibrateurs astables sont des **autos-oscillateurs** ; ils engendrent les vibrations de lui-même sans être déclenché par des commandes extérieures. Autrement dit, ils ne reçoivent aucune impulsion de l'extérieur.

Tandis que les monostables et les bistables sont les **oscillateurs de déclenchement**. Ainsi, pour que notre étude, on va se concentrer sur l'étude des multivibrateurs astables.

II. Multivibrateur astable à transistors bipolaires

II.1. Introduction

Le multivibrateur astable est un oscillateur, il délivre deux signaux carrés en opposition de phase aux collecteurs des transistors. Le montage multivibrateur astable pourra être utilisé dans de nombreuses applications comme « **signal d'horloge** » qui sert à cadencer le fonctionnement d'un microprocesseur et d'un onduleur, comme sonnerie de porte et sirènes, indicateur de remplissage, calculatrices ou feu clignotant (à faire clignoter une diode électroluminescente).

II.2. Définition

Un multivibrateur astable est un circuit qui génère à sa sortie un signal oscillant généralement de forme carré. Il possède deux états, aucun des deux n'est stable. Le circuit se comporte donc comme un oscillateur dont la durée de chaque état est contrôlée par la charge ou la décharge d'un condensateur à travers une résistance.

L'astable charge d'état spontanément sans qu'il soit nécessaire de lui appliquer une impulsion de commande donc ce sont des autos-oscillateurs contrairement aux les monostables et les bistables sont les oscillateurs de déclenchement.

II.3. Rôle et constitution

La tension de sortie $V_S(t)$ du multivibrateur est une tension en créneaux de période T réglable par modification de R ou C . Cette période varie légèrement avec les paramètres extérieurs (température,...) mais peut être considérée comme constante avec une bonne approximation.

L'appareil constitue donc une **horloge électronique**.

II.4. Principe de fonctionnement

Ce multivibrateur comporte 2 étages amplificateurs à résistances avec rétro couplage par condensateurs.

Lors de la mise sous tension les deux (2) transistors ne peuvent se saturer simultanément. Le montage de ce multivibrateur est donné par la figure 2.

Dans un multivibrateur astable, deux transistors T_1 et T_2 sont couplés par l'intermédiaire de deux condensateurs C_1 et C_2 , chacun étant branché entre la base d'un transistor et le collecteur de l'autre.

Autrement dit le circuit de sortie de T_2 est relié au circuit d'entrée de T_1 par une liaison capacitive C_2 et réciproquement le circuit de sortie de T_1 est relié au circuit d'entrée de T_2 par un condensateur C_1 .

Les résistances des collecteurs R_{C1} et R_{C2} sont beaucoup plus faibles que les résistances des bases R_{B1} et R_{B2} .

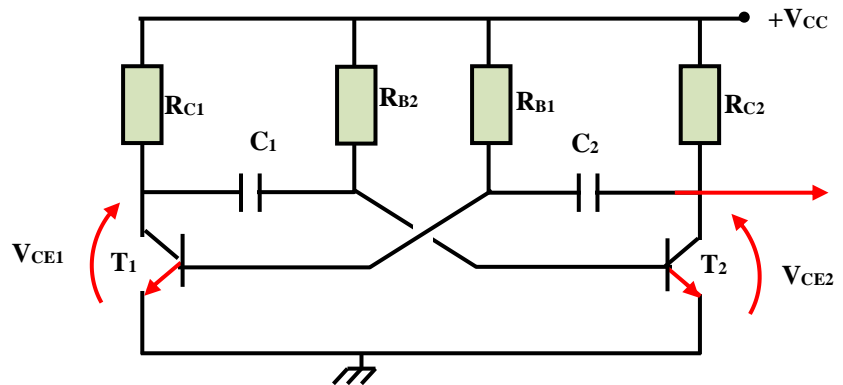


Fig.2. Multivibrateur à transistor

A la mise sous tension, un des deux transistors se sature le premier, supposons que c'est T_1 qui se sature le premier. T_1 saturé (ou le signal est dans son **état bas**), donc le potentiel V_{B1} de sa base devient légèrement positif et le potentiel V_{C1} de son collecteur diminue brutalement de U (ou V_{CC} la tension de l'alimentation) à $0V$.

Une impulsion de tension négative est donc générée sur ce collecteur de T_1 .

Tandis que pour T_2 , le potentiel V_{B2} de sa base passe de $0,7V$ à $(0,7V - U)$ car la charge du condensateur C_1 n'a pas le temps de varier pendant la durée de la transition.

Dans ce cas, ce potentiel de sa base devenant négatif bloque T_2 (le signal est dans son **état haut**) et le potentiel V_{C2} de son collecteur tend vers U car le condensateur C_2 se charge rapidement avec la constante de temps $\tau_2 = R_{C2}C_2$ à travers la charge de T_2 (R_{C2}) et la jonction base-émetteur de T_1 (qui est encore, en ce temps, saturé parce que le potentiel de la base de T_1 légèrement positif maintient sa saturation).

Après le blocage de T_2 , le potentiel de sa base V_{B2} croît de $(0,7V - U)$ à $0,7V$ avec une constante temps $\tau_1 = R_{B2}C_1$ puisque le condensateur C_1 se charge à travers R_{B2} et la jonction de collecteur-émetteur de T_1 qui est saturé.

Et dès que R_{B2} atteint le seuil de conduction de la jonction base-émetteur (ou tension de seuil, $V_{BE} \approx 0,7V$), le système **bascule** vers son autre état : T_1 bloqué (signal dans son **état haut**) et T_2 saturé (signal dans son **état bas**).

Autrement dit, la diminution du potentiel V_{C2} de collecteur de T_2 induit (via C_2) une tension négative sur la base de T_1 qui se bloque.

Le cycle recommence et on dit que le circuit multivibrateur astable oscille entre ces deux états de transistor T_1 et T_2 .

En résumé, quand un transistor est bloqué le potentiel de sa base V_B devient positif mais reste toujours $V_{BE} \leq 0,7V$ et la tension de sortie ou tension de la jonction collecteur-émetteur est $V_{CE} = U$ (**état haut**). Tandis que pour un transistor saturé: $V_{BE} = 0,7V$ et $V_{CE} = 0$ (**état bas**).

La saturation des transistors est très rapide tandis que le blocage est progressif à cause de la durée de charge des condensateurs à travers les résistances de collecteurs.

La figure 3 montre l'évolution des potentiels des deux transistors

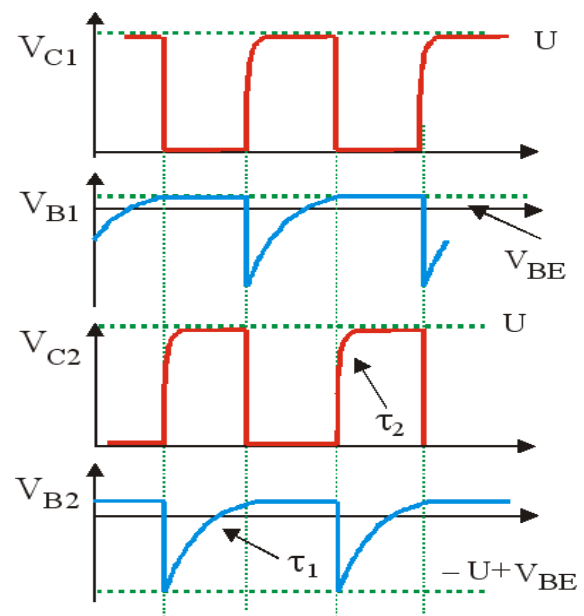


Fig.3. Evolution des potentiels de bases et collecteurs de T_1 et T_2

II.5. Période T du multivibrateur astable et fréquence d'oscillation f du signal

On prend comme origine de temps l'instant à lequel T_1 est dans son état haut (saturé) et on suppose que la tension de seuil V_{BE} de conduction de la jonction base-émetteur et la tension de saturation des transistors sont nulles.

Lorsque $t = 0$, T_1 vient de se saturer, donc le potentiel de son collecteur est devenu proche de 0 (chute de U). En conséquence, en même temps, le potentiel de l'armature de C_1 chute de U à $0 - U = -U$.

II.5.1. Equation de charge de C_1

On sait que C_1 se charge à travers R_{B2} , donc son équation de charge est:

$$R_{B2}i(t) + u(t) = U$$

avec $i(t) = \frac{dQ}{dt} = C_1 \frac{du(t)}{dt}$

Donc

$$R_{B2}C_1 \frac{du(t)}{dt} + u(t) = U$$

Ou

$$R_{B2}C_1 \frac{du(t)}{dt} + u(t) - U = 0 \quad (1)$$

Posons : $x = u - U$

et à $t = 0$: $u(0) = -U$ donc : $x = -2U$

$$(1) \quad \text{Devient : } R_{B2}C_1 \frac{d(x)}{dt} + x = 0$$

$$\frac{d(x)}{dt} = -\frac{dt}{R_{B2}C_1} \quad (\text{Intégrons membre à membre})$$

$$\ln x = -\frac{t}{R_{B2}C_1} + cste$$

$$x = Ae^{-\frac{t}{R_{B2}C_1}}$$

A : $t = 0$: $x = -2U$

donc $A = -2U$

Ainsi :

$$x = -2Ue^{-\frac{t}{R_{B2}C_1}}$$

et

$$u(t) = x + U = U - 2Ue^{-\frac{t}{R_{B2}C_1}}$$

D'où

$$u(t) = U(1 - 2e^{-\frac{t}{R_{B2}C_1}})$$

C'est l'équation de charge de C_1 (équation (2))

II.5.2. Temps de charge de C_1 ou temps de mise en saturation de T_1 : t_1

t_1 est le temps de charge nécessaire au condensateur C_1 pour qu'un changement d'état significatif du transistor T_1 ait lieu (passera dans son **état bas** ou **bloqué**).

Au temps t_1 définie par $u(t_1) = V_{B2} = 0$, le système bascule donc dans son autre état (T_1 bloqué et T_2 saturé).

(2) Devient

$$u(t_1) = U(1 - 2e^{-\frac{t_1}{R_{B2}C_1}})$$

$$1 - 2e^{-\frac{t_1}{R_{B2}C_1}} = 0$$

$$e^{-\frac{t_1}{R_{B2}C_1}} = \frac{1}{2}$$

$$-\frac{t_1}{R_{B2}C_1} = \ln \frac{1}{2}$$

avec : $\ln\left(\frac{1}{a}\right) = \ln(a^{-1}) = -\ln a$

$$t_1 = R_{B2}C_1 \ln 2$$

D'où: le temps de mise en saturation de T_1 ou temps mis par l'armature du Condensateur C_1 pour atteindre $0,7v$ s'écrit:

$$t_1 = \ln 2 R_{B2}C_1$$

Sachant qu'il y a 2 changements d'état dans chaque cycle de période T .

Autrement dit, pour avoir la période T du multivibrateur, on doit considérer aussi l'**état bas** du transistor T_1 ou l'**état haut** du transistor T_2 .

De ce fait la période T est définie par

$$T = t_1 + t_2$$

où t_2 est le temps de mise en saturation du transistor T_2 ou temps mis par l'armature du condensateur C_2 pour atteindre $0,7v$.

Pendant T_2 saturé, le condensateur C_2 se charge à travers R_{B1} , donc on part de

$$R_{B1}i(t) + u(t) = U$$

pour trouver son équation de charge avec $i(t) = C_2 \frac{du(t)}{dt}$

Ainsi les calculs seront les mêmes que précédemment afin de trouver les solutions de cette équation différentielle.

D'où

$$u(t) = U(1 - 2e^{-\frac{t}{R_{B1}C_2}})$$

est l'équation de charge de C_2

et

$$t_2 = \ln 2 R_{B1} C_2$$

est le temps de mise en saturation de T_2 ou temps mis par l'armature du condensateur C_2 pour atteindre $0,7v$.

D'où la période d'oscillation de notre multivibrateur astable est:

$$T = t_1 + t_2 = \ln 2(R_{B2}C_1 + R_{B1}C_2)$$

Dans la pratique, en supposant que $R_{B1} = R_{B2} = R$ et $C_2 = C_1 = C$, donc la période T devient

$$T = 2RC \ln 2$$

Et la fréquence d'oscillation f du signal obtenu définie par

$$f = \frac{1}{T}$$

Donc, on a :

$$f = \frac{1}{2RC \ln 2}$$

II.6. Résultats et interprétation

Sur chaque collecteur de transistors T_1 et T_2 , on obtient aussi un signal de sortie rectangulaire en opposition de phase sur l'écran d'un oscilloscope. On dit que les 2 transistors de ce multivibrateur astable génèrent en sortie des signaux **TOR (Tout Ou Rien)** : signaux périodiques non sinusoïdaux en l'absence de source périodique. Ce multivibrateur joue donc le même rôle qu'un générateur à basse fréquence (GBF), c'est le cœur des GBF.

Les transistors T_1 et T_2 fonctionnent en commutation et se comportent comme deux interrupteurs qui s'ouvrent et qui se ferment périodiquement sans être commandés par un opérateur. En effet quand T_1 est saturé le signal de sortie V_{CE1} ou V_{C1} est dans son état bas; T_1 se comporte comme un interrupteur fermé, parallèlement, T_2 bloqué est prouvé par le signal de sortie V_{CE2} ou V_{C2} dans son état haut; T_2 se comporte comme un interrupteur ouvert. Après le système bascule, autrement dit T_1 devient bloqué et T_1 saturé.

Le cycle recommence entre ces 2 états des transistors jusqu'à ce que l'on coupe l'alimentation, on dit que le multivibrateur oscille.

III. Multivibrateurs astable à circuit intégré NE555

III.1. Introduction

Le NE555 est un circuit intégré à 8 bornes (broches), spécialement conçu pour générer un signal rectangulaire (générateur d'horloge, cas du multivibrateur astable) ou pour réaliser des impulsions à durée précise (générateur d'impulsion, cas du multivibrateur monostable).

Autrement dit, le NE555 est fait pour la temporisation ou en mode multivibrateur. Il a été créé en 1970 par Hans R. Camenzind mais n'est commercialisé qu'en 1971 par Signetics.

On peut alimenter le NE555 par une tension d'alimentation V_{CC} variant de 4,5 à 16v (donc compatible



Fig.4. Schéma du CI NE555

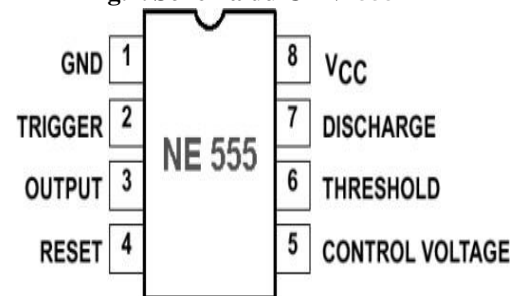


Fig.5. Symbole schématique de NE555

avec les circuits logiques TTL et CMOS), et le NE555 peut fournir en sortie un courant allant jusqu'à 200mA.

III.2. Brochage de NE555

Le NE555 contient dans son boîtier **23 transistors**, **2 diodes** et **16 résistances** qui forment 4 éléments :

- ✓ Deux amplificateurs opérationnels (A.O.) de type comparateur
- ✓ Une porte logique de type inverseur
- ✓ Une bascule SET-RESET

La configuration du boîtier du 555 ainsi que son brochage est :

Broche n°	Fonction
1	<i>GND</i> où masse
2	Trigger ou gâchette, elle amorce (déclenche) la temporisation et la détecte lorsque la tension est inférieure à $1/3$ de V_{CC}
3	Output ; signal de sortie
4	Reset ; remise à zéro, interruption de la temporisation
5	Control Voltage; accès à la référence interne ($2/3$ de V_{CC})
6	Threshold ; signal la fin de temporisation lorsque le signal dépasse $2/3$ de V_{CC} (Seuil)
7	Discharge ; borne servant à décharger le condensateur de temporisation.
8	V_{CC} où tension d'alimentation

Tableau 1 : Boîtier et brochage

Le schéma interne du circuit intégré CI NE555 est donné par la figure suivante :

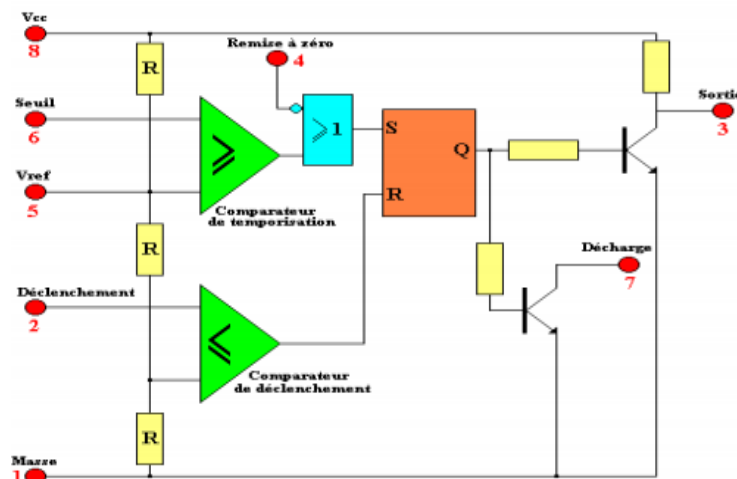


Fig.6: Schéma synoptique (ou fonctionnel) du CI NE555

Le circuit intégré CI NE555 est branché comme indiqué sur la figure 7 pour fonctionner en multivibrateur astable :

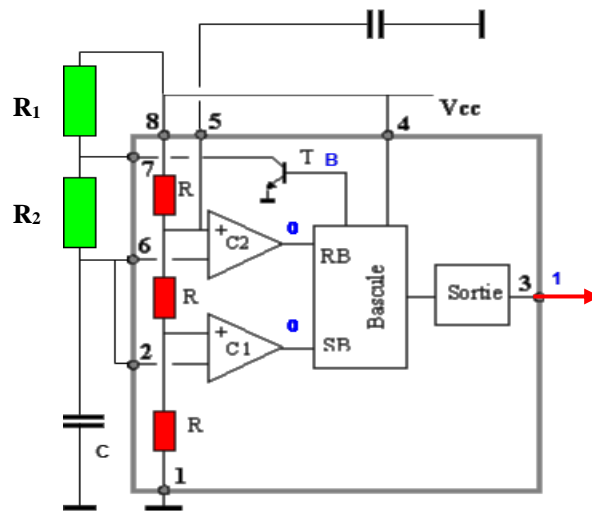


Fig. 7. Multivibrateur astable à NE555

III.3. Fonctionnement du montage

Initialement, le condensateur C est déchargé : $V_6 = 0$ et $V_2 = 0$, et le transistor du NE555 est bloqué. Mais une fois qu'on a mis sous tension le circuit (à t_0), la charge du condensateur se fait à travers les deux résistances R_1 et R_2 parce que ces deux dernières sont en série avec C .

Le condensateur C se charge de 0 à $\frac{1}{3}V_{CC}$ (V_{alim}) (de t_0 à t_1) et continue jusqu'à $\frac{2}{3}V_{CC}$ (de t_1 à t_2).

On est à la première oscillation qui est beaucoup plus longue que les oscillations suivantes, on dit que l'astable oscille dès sa mise sous tension.

La sortie est dans ce cas est à l'état haut.

Après ce moment, le transistor conduit et se sature à cause de la chute de tension dans R_1 .

Ainsi la décharge de C s'effectue à travers la résistance R_2 (via la broche 7) de $\frac{2}{3}V_{CC}$ à $\frac{1}{3}V_{CC}$ (de t_2 à t_3). Et la sortie est donc dans son état bas dans ce cas.

Et juste après, on revient dans le cas où le transistor est bloqué et le condensateur se charge de $\frac{1}{3}V_{CC}$ à $\frac{2}{3}V_{CC}$ à travers les deux résistances R_1 et R_2 (de t_3 à t_4).

Autrement dit, le système est de nouveau dans son état haut. Et juste

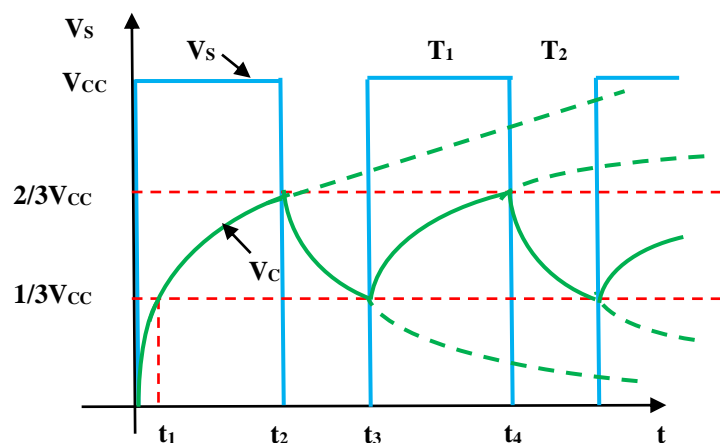


Fig.8. Evolution des potentiels à la sortie (V_s) et celui de C (V_c)

après t_4 , le système repasse dans son état bas. Et ainsi de suite, le basculement de l'état haut vers l'état bas du système et inversement se répètent jusqu'à ce que l'on coupe l'alimentation, **donc le cycle recommence.**

Puisque la décharge du condensateur se fait à travers R_2 alors en modifiant R_2 , la fréquence d'oscillation f , la période et le rapport cyclique peuvent être modifiés.

III.4. Période et fréquence d'oscillations, rapport cyclique

* La période T du multivibrateur à CI NE555 est :

$$T = (R_1 + 2R_2)C \ln 2$$

* La fréquence d'oscillations est f telle que

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(R_1 + 2R_2)C \ln 2}$$

* En prenant : $\ln 2 \approx 0,7$, on a

$$f = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2)C}$$

Mais de plus, le rapport cyclique α définie par le rapport de la durée de l'état haut et la période : $\alpha = \frac{T_1}{T}$ est :

$$\alpha = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2}$$

IV. Multivibrateur à portes logiques

Le circuit astable suivant est réalisé à partir de deux portes logiques **NAND**, on peut utiliser des portes inverseurs ou des portes **NOR**.

Supposons que le potentiel V_A est à l'état haut, V_S est donc à l'état bas.

Le condensateur C se charge à travers la résistance R . Cette augmentation exponentielle est appliquée à l'entrée du circuit 1.

Dès que le potentiel atteint une certaine valeur qui déclenche le circuit 1, le potentiel V_A passe au niveau bas, le condensateur se décharge à travers la résistance R , on se retrouve dans la situation départ. Un nouveau cycle recommence.

La période T est donnée par la relation $T = 2,2RC$

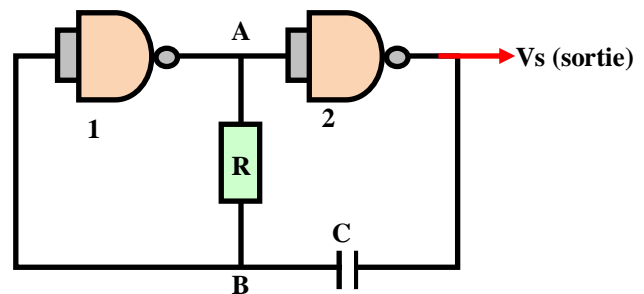


Fig.9. Circuit astable à porte logique

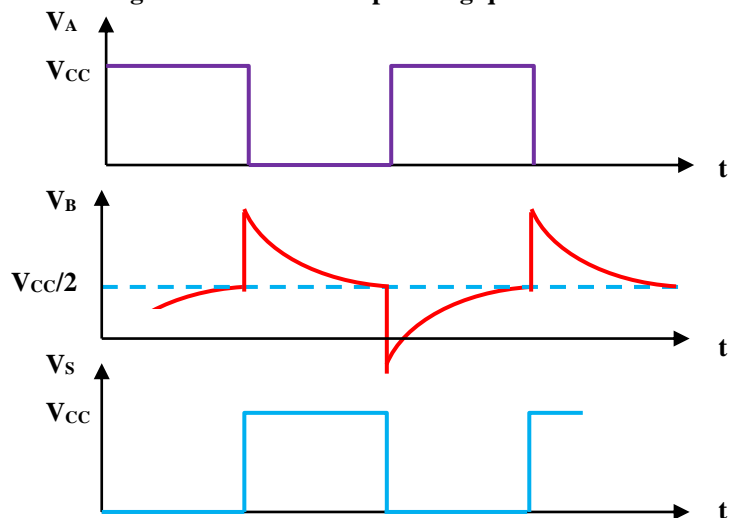


Fig.10. Chronogrammes

Remarque

Pour améliorer la forme de signaux de sortie, on utilise une résistance R_1 à l'entrée de circuit de la figure 11. Cette résistance est choisie de façon à avoir 10 fois la valeur de la résistance R .

La figure 11 représente un montage d'oscillateur très classique.

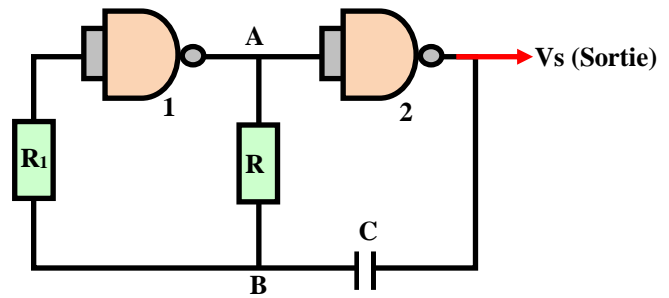


Fig.11. Montage astable amélioré

Dans ce chapitre, nous avons étudié le multivibrateur astable qui est un élément essentiel dans notre étude. Nous avons essayé de donner l'essentiel de son principe de fonctionnement.

COMPTEURS

I. Définition

Un compteur est un ensemble de n **basculés** interconnectés par des portes logiques. Ils peuvent donc mémoriser des mots de n **bits**. Au rythme d'une horloge ils peuvent décrire une séquence déterminée c'est-à-dire occuper une suite d'états binaires. Il ne peut y avoir au maximum que 2^n combinaisons.

Ces états restent stables et accessibles entre les impulsions d'horloge. Le nombre total N des combinaisons successives est appelé **le modulo** du compteur.

II. Introduction

Une bascule peut avoir 2 états différents à sa sortie (**0 et 1**), et peut donc permettre de compter de 0 à 1.

Avec **2 bascules** on peut avoir jusqu'à **4 états différents : 00, 01, 10 et 11**, ce qui permet de compter de 0 à 3 en binaire naturel.

Avec **3 bascules** on a **8 états (de 000 à 111)**, et en général avec n bascules on a 2^n états : on peut donc compter de **0 à $2^n - 1$**

Il reste à trouver comment doivent être connectées les n bascules entre elles pour réaliser un compteur, sachant qu'il existe plusieurs types de compteurs, et donc plusieurs techniques de réalisation. C'est ce que nous allons voir dans la suite de ce résumé à travers différents exemples.

III. Classification des compteurs

En logique séquentielle, les compteurs peuvent être décrits en citant 5 caractéristiques :

III.1. Sens de comptage

Il permet de différencier:

- **Les compteurs** : évolution croissante de la valeur de sortie dans le temps.
- **Les décompteurs** : évolution décroissante de la valeur de sortie dans le temps.

III.2. Code dans lequel est exprimé la valeur sortie

Il permet de différencier:

- Les compteurs en binaire naturel
- Les compteurs BCD
- Les compteurs « décimaux » (ou à *décade*)
- Les compteurs en Code Gray Etc...

III.3. Type de basculement du compteur

Il permet de différencier:

- Les compteurs asynchrones
- Les compteurs synchrones

III.4. Nombre de bits en sortie, ou l'intervalle de la valeur de sortie

Il permet de connaître l'ensemble des valeurs que peut prendre la valeur de sortie du compteur.

Exemple 1 : compteur 4 bits ; décompteur de 25 à 3 (sous-entendu décompteur 5 bits).

Mais le nombre de bits du compteur ne suffit pas toujours pour exprimer l'ensemble des valeurs par lesquelles passera la sortie.

Exemple 2

Si on parle d'un compteur binaire naturel 8bits, on sait qu'il compte en binaire naturel, on sait qu'il a 8 bits en sortie, mais on ne sait pas s'il compte de 0 à 255, ou de 7 à 169, ou encore de 74 à 222 ...

C'est pourquoi en plus du **nombre de bits** en sortie du compteur, on associe aussi soit l'intervalle exact de la valeur de sortie, soit le **mode de comptage**, soit les deux pour éliminer toute ambiguïté dans certains cas.

III.5. Mode décomptage

Il permet de différencier:

- Les compteurs à cycle complet
- Les compteurs à cycle incomplet

Exemples :

- Un compteur 4 bits qui compte de 0 à 15 en binaire naturel est un compteur à **cycle complet**, car sa valeur de sortie utilise toutes les combinaisons possibles de ses sorties.
- Un compteur 4 bits qui compte de 0 à 9 seulement (on l'appelle aussi compteur BCD) est un compteur à cycle incomplet, car les 16 combinaisons de ses 4 sorties ne sont pas toutes utilisées.
- Un décompteur 6 bits qui décompte de 53 à 12 est un décompteur à cycle incomplet.
- Si on parle d'un compteur binaire naturel 7 bits à cycle complet, on sait qu'il compte forcément de 0 à 127.

Remarque:

* Dans tous les cas, on appelle **MODULO d'un compteur le nombre d'états différents que peut prendre la valeur de sortie sur l'ensemble du cycle de comptage**.

Avant d'entamer le chapitre sur les compteurs, il est nécessaire de faire un rappel sur les bascules. Tous les compteurs sont conçus à partir des bascules.

IV. Bascules

La bascule est un circuit bistable pouvant prendre deux états logiques "0" ou "1". L'état de la bascule peut être modifié en agissant sur une ou plusieurs entrées. Le nouvel état de la bascule dépend de l'état précédent, c'est l'élément de base des circuits séquentiels.

La bascule peut conserver son état pendant une durée quelconque, elle peut donc être utilisée comme mémoire.

IV.1. Bascule RS

La bascule RS est une évolution de la bascule Flip-Flop pour remédier au problème pointé précédemment.

Deux entrées sont ajoutées : R (pour Reset) et S (pour Set).

IV.1.1. Bascules RS avec les portes NOR (NON OU)

Deux entrées sont ajoutées : R (pour Reset) et S (pour Set). Un niveau logique 1 sur l'entrée R positionne la sortie Q à 0.

En supposant que S est également à 0 , \bar{Q} passe à 1 et maintient donc Q à la valeur 0 quand R repasse à 0 .

De la même façon, un niveau logique 1 sur l'entrée S positionne la sortie \bar{Q} à 0 et donc la sortie Q à 1 .

La bascule est donnée par le schéma ci-contre. Cette bascule RS réalisée à l'aide des portes NOR réagit aux fronts montants (impulsions positives).

La table de vérité de cette bascule est représentée par le tableau ci-dessous

S	R	Q	\bar{Q}	Remarque
0	0	Q	\bar{Q}	Mémoire (sorties inchangées)
0	1	0	1	Mise à 0
1	0	1	0	Mise à 1
1	1	0	0	Etat interdit (Ambiguïtés)

Tableau 1 : Table de vérité de la bascule RS avec les portes NOR

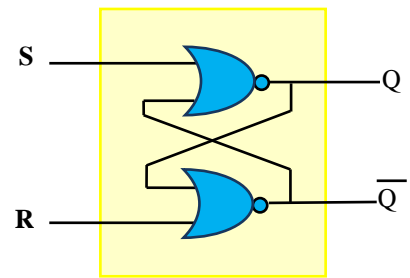


Fig.1. Schéma d'une bascule RS à base des portes NOR

Ce système permet donc d'initialiser la bascule dans un état voulu, puis de la faire évoluer en agissant sur les entrées R et S . On récupère l'état sur la sortie Q et son complément sur la sortie \bar{Q} .

Il y a cependant une exception : lorsque les entrées R et S sont toutes les deux au niveau 1 , les sorties Q et \bar{Q} ne sont plus complémentées. On interdit donc, dans les spécifications sur l'usage de cette bascule, cette configuration sur les entrées.

Une solution pourrait être de cacher la sortie complémentée et de décider que la configuration $R=S=1$ exécute aussi une remise à zéro de la bascule. En réalité, cette configuration est dangereuse lorsqu'on considère la transition de $R=S=1$ vers $R=S=0$.

En électronique, le temps de propagation des signaux est difficilement maîtrisable et on ne peut absolument pas affirmer que les valeurs sur les entrées R et S changeront d'état simultanément. Fatalement, une des deux entrées basculera vers le niveau 0 avant l'autre, mais on ne peut prédire laquelle.

La bascule se retrouvera donc dans un des deux états possibles, sans qu'on puisse le déterminer à l'avance.

Cette caractéristique de la bascule RS introduit donc un indéterminisme fâcheux qui motive l'interdiction de cette configuration $R=S=1$.

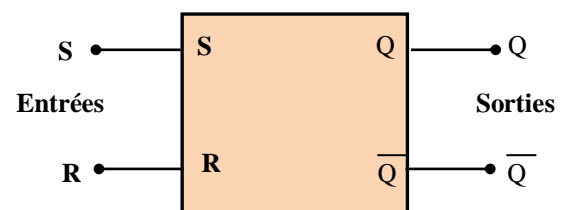


Fig.2. Symbolisation d'une bascule RS

La symbolisation logique de la bascule RS est donnée par la figure 2.

IV.1.2.. Bascules RS avec les portes NAND (NON ET)

La bascule RS appelé aussi multivibrateur bistable. C'est une bascule à deux entrées nommées S (pour SET et qui correspond à une mise à 1 de la sortie) et R (pour $RESET$ et qui correspond à une mise à 0 de la sortie).

La figure 3 représente une bascule RS avec des portes « NAND »

La bascule réagit aux fronts descendants (impulsions négatives). Si l'on souhaite travailler avec des impulsions positives il est alors nécessaire de placer un inverseur logique en amont de

chacune des deux entrées.

Les bornes d'entrée de cette unité de mémoire fondamentale sont identifiées par les lettres S (*Set = mise à 1*) et R (*Re set = mise à 0*) d'où l'appellation bascule "RS".

La bascule "RS" produit deux sorties inversées l'une par rapport à l'autre : si l'une d'entre elles est à l'état logique 0, l'autre sortie est à l'état logique 1. Ces deux sorties sont notées Q et \bar{Q} .

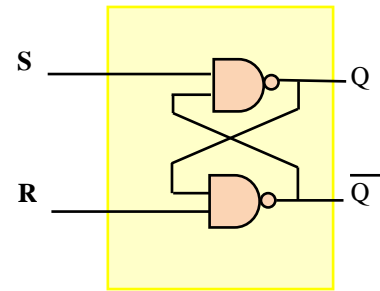


Fig.3. Schéma d'une bascule RS à base des portes NAND

La table de vérité de cette bascule est représentée par le tableau ci-dessous

S	R	Q	\bar{Q}	Remarque
0	0	1	1	Etat interdit (ambiguïtés)
0	1	1	0	Mise à 1
1	0	0	1	Mise à 0
1	1	Q	\bar{Q}	Mémoire (Inchangé)

Tableau 2 : Table de vérité de la bascule RS avec les portes NAND

IV.2. Bascule RS – T (H)

Cette nouvelle bascule synchronise le changement d'état sur une horloge.

Lorsque le signal d'horloge *Clock* (T) est au niveau logique 1, le comportement du système est équivalent au schéma précédent : les portes NAND en entrée peuvent être assimilées à des inverseurs et on se retrouve avec une bascule RS standard.

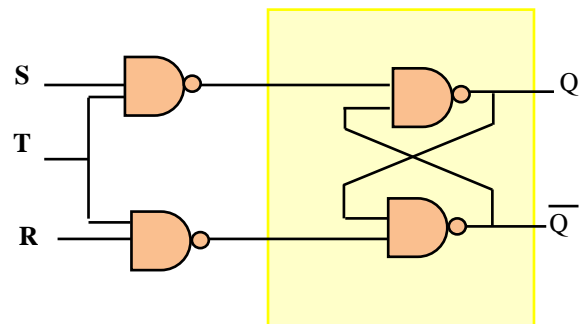


Fig.4. Schéma d'une bascule RS-T

Par contre, lorsque *Clock* est au niveau logique 0, les sorties des deux NAND d'entrées sont bloquées à 1 quel que soit le niveau logique de R et S . L'étage Flip-Flop est alors figé.

L'usage d'un tel dispositif peut d'avérer indispensable dès lors que les entrées R et S d'une bascule RS sont connectées à une logique combinatoire qui, comme nous l'avons déjà vu, peut engendrer des états transitoires.

Ces états transitoires peuvent alors provoquer des changements d'état non désirés sur la bascule. L'idée est alors d'effectuer les calculs combinatoires pendant que l'horloge est au niveau logique 0. Lorsque les calculs sont terminés et que les sorties deviennent stables, les résultats peuvent être pris en compte en faisant coïncider le passage au niveau logique 1 de l'horloge.

Notez que ce dispositif ne résout en rien le problème de la configuration $R=S=1$. Quand l'horloge transite du niveau bas vers le niveau haut et que les deux entrées R et S sont à 1, les deux portes d'entrées NAND vont logiquement basculer « ensemble » vers un niveau logique bas.

Mais, encore une fois, d'un point de vue électronique, la notion de simultanéité n'existe pas et on ne peut pas prédire quelle sera la porte la plus rapide. On aura un état transitoire imprédictible en entrée du Flip-Flop qui peut faire basculer dans un sens ou un autre.

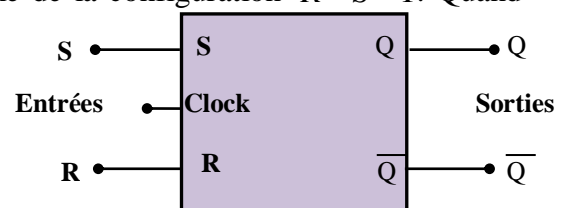


Fig.5. Symbolisation d'une bascule RS – T

Le symbole logique d'une bascule $RS - T$ est donné par la figure 5:
L'entrée d'horloge, active sur le front montant ou descendant du signal.

Entrées			Sorties		Mode de fonctionnement de la bascule
T(H)	S	R	Q_{n+1}	\bar{Q}_{n+1}	
	0	0	Q_n	Q_n	Mémorisation de l'état précédent (inchangé)
	1	0	1	0	Mise à 1
	0	1	0	1	Mise à 0
	1	1	Ambiguïté		Les états de sorties sont indéterminés ne pas utiliser.

Tableau 3 : Table de vérité de la bascule RS-T(H)

IV.3. Bascule JK

La bascule JK est une bascule synchrone à deux entrées de données J et K .

La bascule JK présente :

- Deux entrées J et K
- Une entrée d'horloge H
- Deux sorties complémentaires Q et \bar{Q}

En entrée de la bascule RS-T sont ajoutées deux portes « ET » qui augmentent le niveau de **rétroaction** des sorties sur les entrées.

Les entrées J et K de ce type de bascule ont le même rôle que les entrées S et R de la bascule RS-T à la différence que la condition $J = K = 1$ n'est pas une condition ambiguë sur l'état de Q et \bar{Q} .

L'état $J = K = 1$ provoque le changement d'état de la sortie Q ou il se produit un basculement successif à chaque front montant d'horloge.

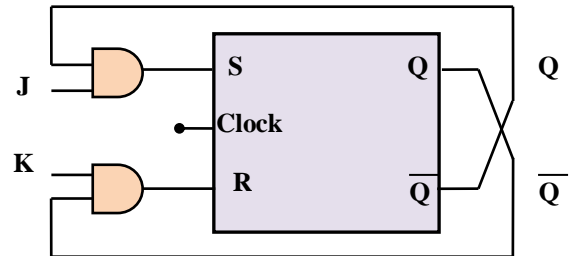


Fig.6. Montage d'une bascule JK

Remarque :

La bascule JK lève l'**ambiguïté** de la bascule RS sur la configuration $R = S = 1$.
La table de vérité d'un tel système est indiquée ci-dessous.

J	K	Q_n	S	R	Q_{n+1}
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0

Tableau 4 : Table de vérité d'une bascule JK

Pour tout n , Q_n indique l'état à l'instant n . On remarque alors que la configuration $R = S = 1$ n'existe plus et qu'on peut simplifier la table de vérité.

J	K	Q_{n+1}	Remarques
0	0	Q_n	Sortie inchangée
0	1	0	Remise à zéro
1	0	1	Mise à 1
1	1	\bar{Q}_n	Inversion de la sortie

Tableau 5 : Table de vérité d'une bascule JK simplifiée

Ainsi, la configuration $R = S = 1$ provoque un changement d'état systématique de la bascule.

L'architecture en portes NAND d'une bascule JK est la suivante :

Deux commandes ont été rajoutées pour initialiser la bascule dans un état connu, les entrées P_r et C_r .

Elles sont actives lorsqu'elles sont au niveau logique 0. Il est en effet extrêmement important qu'à la mise sous tension, ou sous l'action d'une procédure de réinitialisation, un système numérique soit dans un état bien défini et cohérent.

Ces deux commandes sont donc maintenues à un niveau logique 1 pendant le fonctionnement normal d'un système et activées seulement dans les phases d'initialisation.

- Soit P_r sera maintenu temporairement à zéro pour initialiser la bascule à 1,
- soit C_r sera maintenu temporairement à zéro pour initialiser la bascule à 0.

La configuration $P_r = C_r = 0$ est **interdite** et n'a pas de sens (la bascule ne peut être initialisée à 0 et 1 simultanément).

Le symbole logique d'une bascule JK est :

Le comportement de la bascule JK n'est cependant pas encore exempt de tous défauts. Il existe une configuration qui engendre **une instabilité** se traduisant par une oscillation du système. Ce dysfonctionnement se produit quand $J = K = 1$ et quand l'horloge transite du niveau 0 vers le niveau 1.

En omettant les commandes P_r et C_r , on se retrouve avec un circuit équivalent à la figure 9.

Dans ce cas, les portes NAND se comportent comme des inverseurs et on obtient alors un circuit instable.

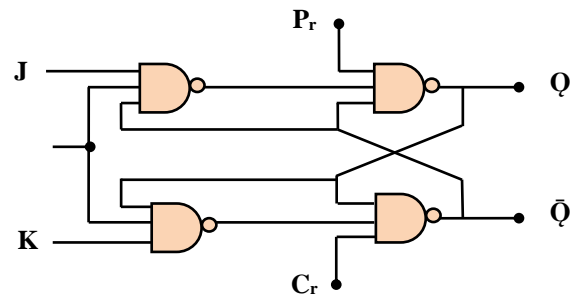


Fig.7. Schéma d'une bascule JK avec des portes NAND

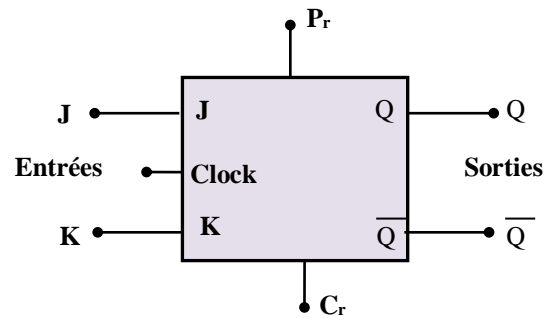


Fig.8. Symbolisation d'une bascule JK

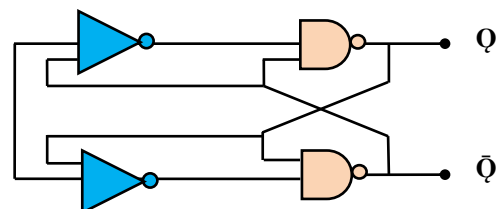


Fig.9. Bascule JK . Montage quand $J = K = 1$

IV.4. Bascule JK maître/esclave

La bascule JK maître/esclave pallie le défaut de la bascule JK en mettant en série deux bascules commandées sur des niveaux d'horloge différents. On évite ainsi que la rétroaction des sorties sur les entrées conduise à un comportement instable.

Lorsque l'horloge est au niveau logique 0, la première bascule est bloquée.

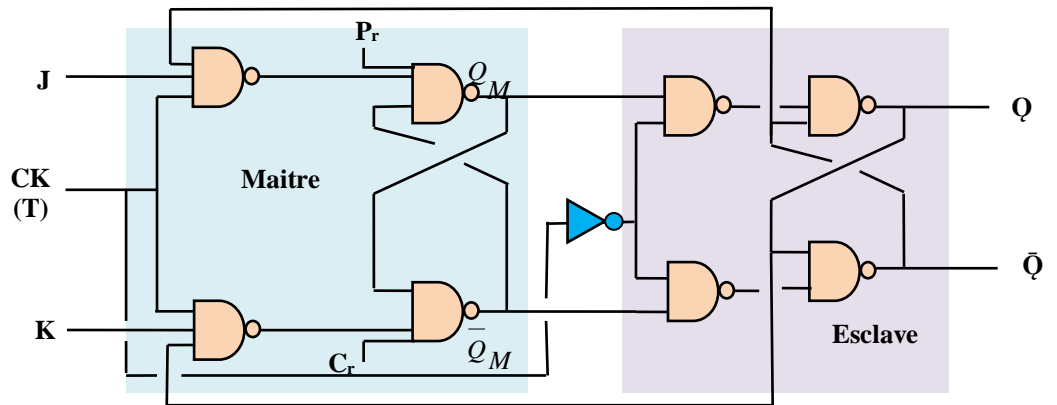


Fig.10. Bascule JK /ME

Les sorties Q_M et \bar{Q}_M sont donc dans un état stable est cohérent. Le second étage peut alors changer d'état sans être perturbé.

Lorsque l'horloge est au niveau logique 1, le second étage est bloqué. Les sorties Q et \bar{Q} ne peuvent donc pas changer et procurent des niveaux logiques stables sur l'étage d'entrée.

Lorsqu'on parle de bascule JK, c'est en général à cette dernière qu'on fait référence.

IV.5. Bascule D

Une bascule D est une bascule JK sur laquelle les entrées J et K sont inversées.

Le comportement de la bascule D est immédiatement déduit de la table de vérité de la bascule JK :

- Si $D=1$ alors $J=1$ et $K=0$ donc $Q_{n+1}=1$
- Si $D=0$ alors $J=0$ et $K=1$ donc $Q_{n+1}=0$

La bascule D agit donc comme une unité de retard par rapport au signal d'horloge. Le symbole logique d'une bascule D est :

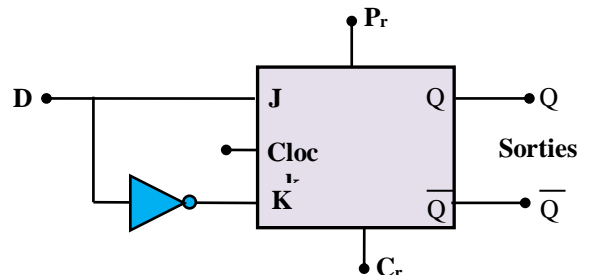


Fig.11. Bascule D

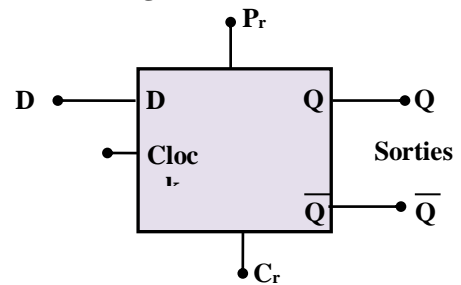


Fig.12. Symbolisation de la bascule D

IV.6. Bascule T

Une bascule T est une bascule JK dont les deux entrées sont connectées ensemble.

Tout comme la bascule D, son comportement peut être déduit de la table de vérité de la bascule JK.

- Si $T=1$ alors $J=K=1$ donc $Q_{n+1}=\bar{Q}_n$

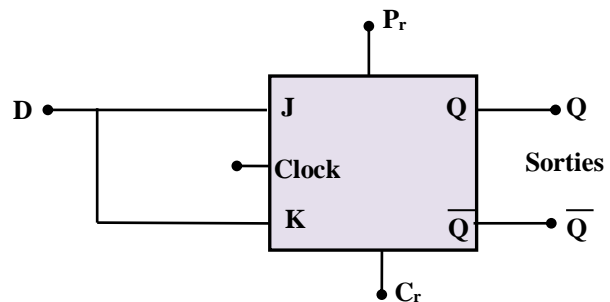


Fig.13. Bascule T

- Si $T = 0$ alors $J = K = 0$ donc $Q_{n+1} = Q_n$

Cette particularité est utilisée, pour réaliser des compteurs asynchrones.

Le symbole logique de la bascule T est donné par la figure 14.

Remarque

* Initialisation des bascules:

Les bascules RSH, JK et D ont un fonctionnement synchrone par rapport à un signal d'horloge. Leurs entrées de commande R, S, J, K et D sont des entrées synchrones.

Pour le fonctionnement d'un système, il est souvent nécessaire que les bascules soient initialisées, c'est à dire que leur sortie Q soit à 1 ou à 0 et ce indépendamment du signal d'horloge. D'où, deux entrées supplémentaires asynchrones, présentes sur pratiquement tous les circuits intégrés :

- **PRESET (Pr): mise à 1 de la sortie Q**
- **CLEAR (Cr): mise à 0 de la sortie \bar{Q} .**

Ces deux entrées asynchrones sont désignées entrées d'initialisation ou de forçage.

Exemple

Pour la bascule JK

Remarque

La négation logique sur les deux entrées asynchrones PRESET et CLEAR indique qu'elles sont actives sur le niveau bas du signal qui leur est appliqué.

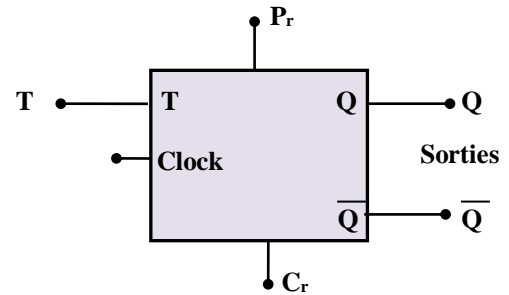


Fig.14. Symbolisation de la bascule T

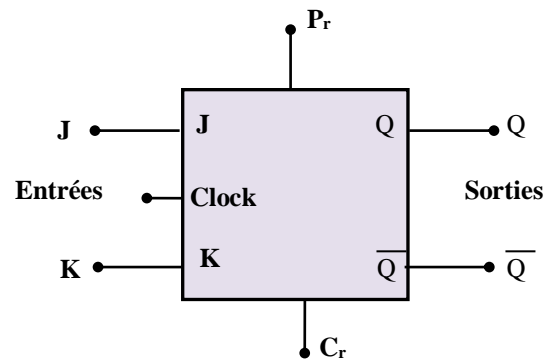


Fig.15. Bascule JK avec les entrées de forçage

La table de vérité de la bascule JK avec les entrées de forçage.

PRESET	CLEAR	H	Q
0	0	X	A ne pas utiliser
0	1	X	1
1	0	X	0
1	1	↑	Fonctionnement synchrone de la bascule

Tableau 6 : Table de vérité de la bascule JK avec les entrées de forçage

Dans cette théorie, nous avons donné uniquement un petit aperçu sur les bascules.

Car dans la théorie, il existe les **bascules asynchrones**, c'est-à-dire la **bascule RS** et ses dérivées, ainsi que les **bascules D** commandées par un niveau logique. Les **bascules D** commandées par une **horloge** et les **bascules JK** sont des circuits **synchrones**.

V. Compteurs

V.1. Identification de la fonction

La fonction comptage existe dans de nombreux systèmes dans lesquels le résultat d'un calcul effectué :

- sur une série d'objets,
- ou sur la répétition d'un événement déclenche:
 - * une décision prise par l'utilisateur,
 - * Ou une action gérée automatiquement par le système.

Exemples

- Un poste de sciage s'arrête après avoir débité 20 pièces d'un même lot.
- Dans un système à programmation chronologique, le comptage du temps écoulé permet de déclencher automatiquement certaines opérations : arrosage d'un jardin, mise en marche d'un appareil électroménager, allumage d'un feu de signalisation...

Un système de comptage comprend toujours un compteur.

Un compteur est un système logique dont le mot binaire en sortie se modifie chaque fois qu'une information est appliquée à son entrée.

Suivant qu'une nouvelle impulsion incrémente ($n + 1$) ou décrémente ($n - 1$) la valeur binaire du mot de sortie, le circuit fonctionne en compteur ou en décompteur.

V.2. Caractéristiques des compteurs

La caractéristique principale d'un compteur est sa capacité de comptage. Cette capacité de comptage détermine le nombre de bits du mot binaire de sortie.

II.2.1. Compteur Modulo 2

Le mot binaire de sortie du compteur le plus simple n'a qu'un bit qui ne peut donc prendre que l'état logique 0 ou 1 lorsque les impulsions à compter se succèdent sur l'entrée du compteur.

Le mot de sortie est à l'état logique 1 toutes les deux impulsions, le compteur divise par 2 le nombre des impulsions d'entrée.

Cette caractéristique de division est désignée par le modulo du compteur qui dans ce cas est 2.

La structure d'un compteur modulo 2 est une bascule :

- du type D,
- ou du type JK

V.2.2. Compteur Modulo 2^n

Un compteur modulo 2 étant constitué d'une bascule, il est possible:

- d'associer 2 bascules pour réaliser un compteur modulo 4 soit 2^2 ,
- d'associer 3 bascules pour réaliser un compteur modulo 8 soit 2^3 ,

V.2.3. Compteur dont le modulo est différent de 2^n

Il est toujours possible de réaliser un compteur dont le modulo est différent de 2^n . Il suffit de forcer sa réinitialisation à zéro avec le mot de sortie qui suit immédiatement la dernière impulsion comptée.

De plus, les compteurs binaires sont classés en 2 catégories:

- Les compteurs asynchrones,
- Les compteurs synchrones.

V.2.4. Compteur binaire asynchrone

Dans ce type de structure, l'impulsion de progression du compteur est appliquée sur l'entrée d'horloge du premier étage, les entrées d'horloge des autres bascules reçoivent le signal de sortie de l'étage précédent.

V.2.5. Compteur binaire synchrone

Dans la structure synchrone, l'horloge est la même pour tous les étages: le basculement de toutes les bascules se fait en même temps.

V.3. Compteurs asynchrones

Le terme « asynchrone » se définit comme l'absence de synchronisme des signaux qui déclenchent la commande d'un circuit. Comme les entrées d'horloge remplissent habituellement cette fonction, les compteurs asynchrones ne possèdent pas de ligne commune qui relie toutes les entrées d'horloge des bascules.

Par conséquent, on branche le signal d'horloge uniquement à la première bascule. Le signal de sortie de cette première bascule sert d'horloge à la seconde bascule et ainsi de suite.

Les compteurs asynchrones sont les plus simples à concevoir. Toutefois, le délai de propagation qu'ils engendrent provoque des imprécisions importantes. On évite donc leur utilisation pour la mesure précise du temps.

V.3.1. Compteur

modulo 8 asynchrone

On réalise ce compteur en branchant en cascade trois bascules JK. La sortie de la première bascule devient l'entrée d'horloge de la deuxième bascule, la sortie de la deuxième bascule devient l'horloge de la troisième bascule.

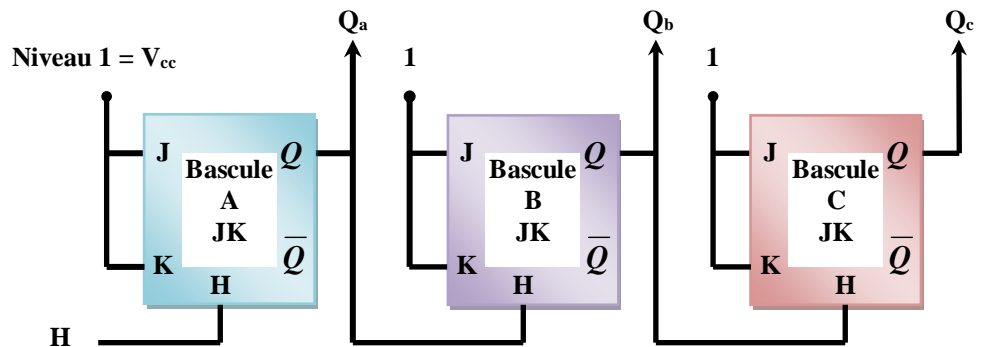


Fig.16. Compteur modulo 8 asynchrone

Le chronogramme du compteur modulo 8 est représenté par la figure 17

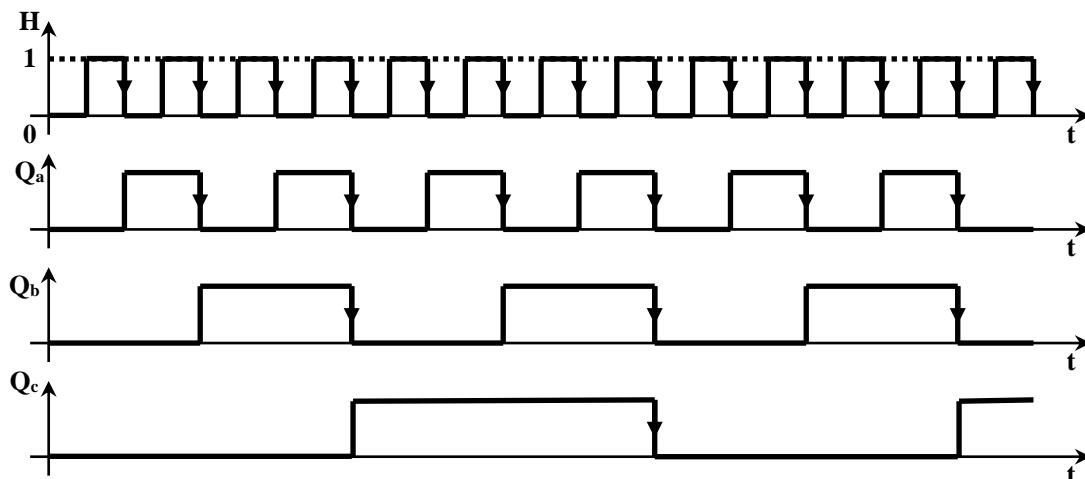


Fig.17. Chronogramme du compteur modulo 8 asynchrone

La table de vérité du compteur modulo 8 asynchrone est donnée par le tableau suivant :

N	Q _c	Q _b	Q _a
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

Tableau 7 : Table de vérité du compteur modulo 8 asynchrone

V.3.2. Compteur modulo 10 asynchrone (compteur DCB)

Un compteur modulo 10 possède dix états, qui correspondent aux équivalents binaires des nombres de 0 à 9. Sa réalisation nécessite l'utilisation de quatre bascules. De même il peut diviser la fréquence d'entrée par dix.

Un compteur DCB dénombre les états de $(0000)_2$ à $(1001)_2$. Il est très répandu, car il établit le lien avec les dispositifs d'affichage numériques qui permettent de représenter les nombres décimaux de 0 à 9 par l'intermédiaire du code DCB.

Il suffit de raccorder la sortie des bascules à un décodeur DCB qui pilote un afficheur à sept segments.

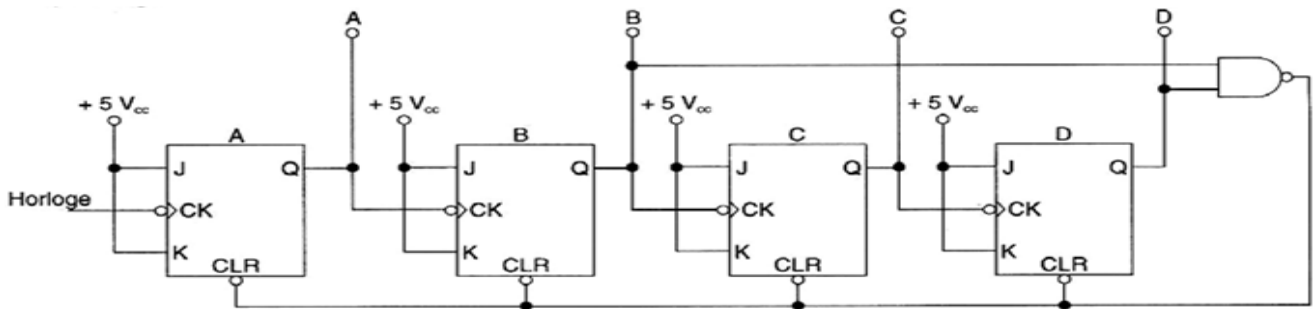


Fig.18. Compteur modulo 10 asynchrone

Le diagramme du compteur est le suivant :

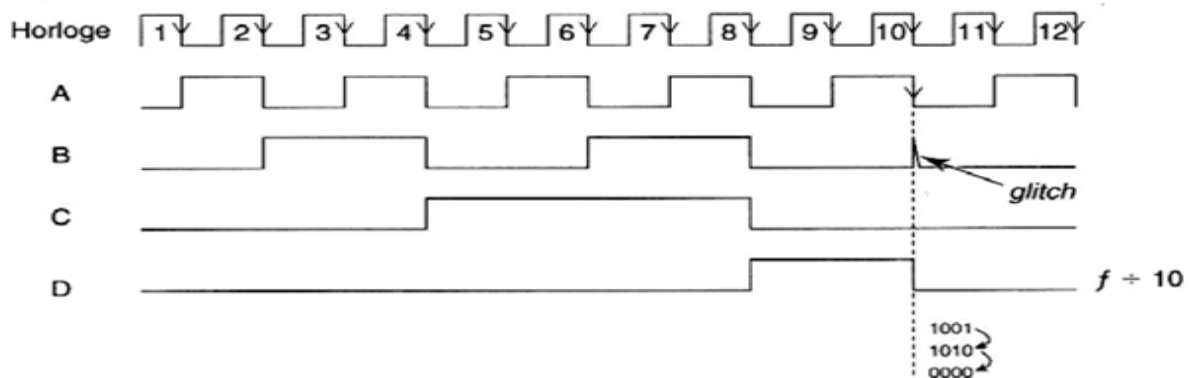


Fig.19. Chronogramme du compteur modulo 10 asynchrone

V.3.3. Compteur asynchrone de base N quelconque

Le principe de réalisation d'un compteur binaire asynchrone de base N quelconque consiste à ramener à zéro tous les bistables du compteur à la $N^{\text{ième}}$ impulsions d'horloge.

Le nombre de bascules n est donné par la relation

$$2^{n-1} \leq N \leq 2^n$$

avec

N: la base du compteur

n: le nombre de bascule

Pour illustrer cela, nous donnons ici un exemple de compteur asynchrone. Pour cela, réalisons un compteur asynchrone par 12.

Pour cette réalisation prenons des bistables JK et le nombre de ces bascules est donné par

$$2^{n-1} \leq N \leq 2^n \text{ comme } N = 12$$

$$2^{n-1} \leq 12 \leq 2^n \Rightarrow n = 4 \text{ bistables JK}$$

et en binaire $N = 12$ est 0011

Soit A, B, C, D les quatre bistables à la 12^{ième} impulsion, on a la configuration suivante

$$Q_A = 0, \quad Q_B = 0, \quad Q_C = 1 \quad \text{et} \quad Q_D = 1$$

Ce seront donc les sorties Q_A et Q_B (ou $\overline{Q_C}$ et $\overline{Q_D}$) qui seront reliées aux entrées d'une porte « NAND ».

Le schéma de câblage de ce compteur par 20 est

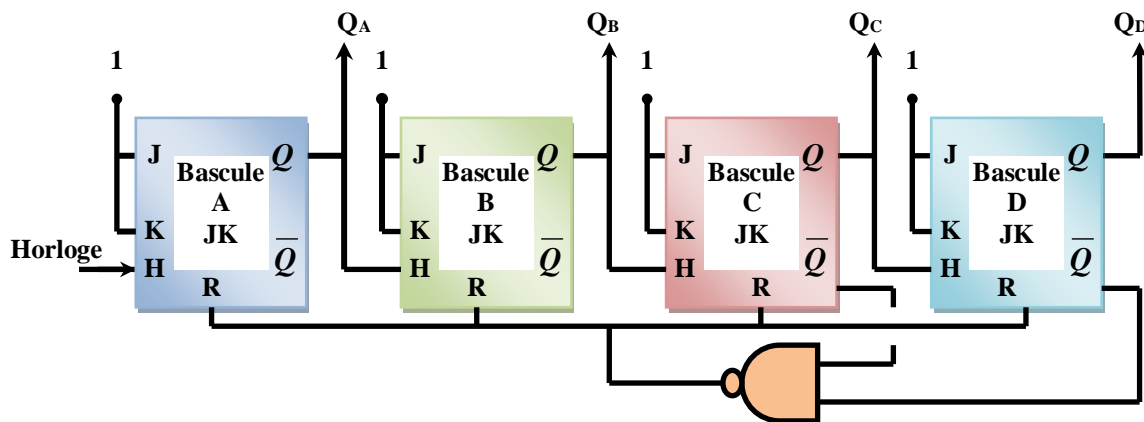


Fig.20. Compteur asynchrone

Le diagramme temporel ce compteur est le suivant:

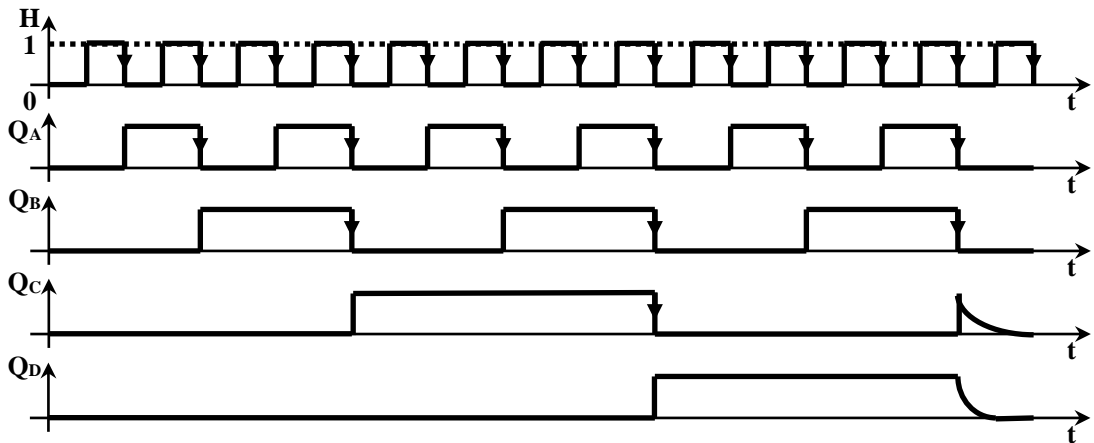


Fig.21. Diagramme temporel du compteur

Remarque

La même méthode est appliquée pour les compteurs inverses ou réversibles. Il suffit de changer les sorties non complémentaires par leur complémentaires comme le montre le schéma suivant d'un compteur asynchrone par 8.

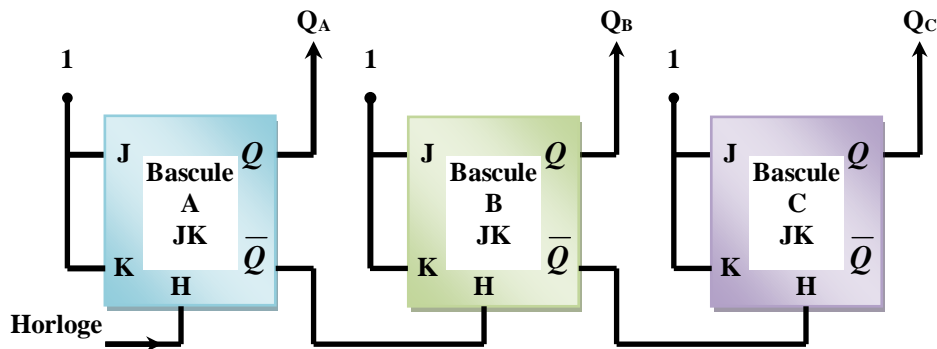


Fig.22. Compteur asynchrone

Le diagramme de fonctionnement de ce compteur est le suivant

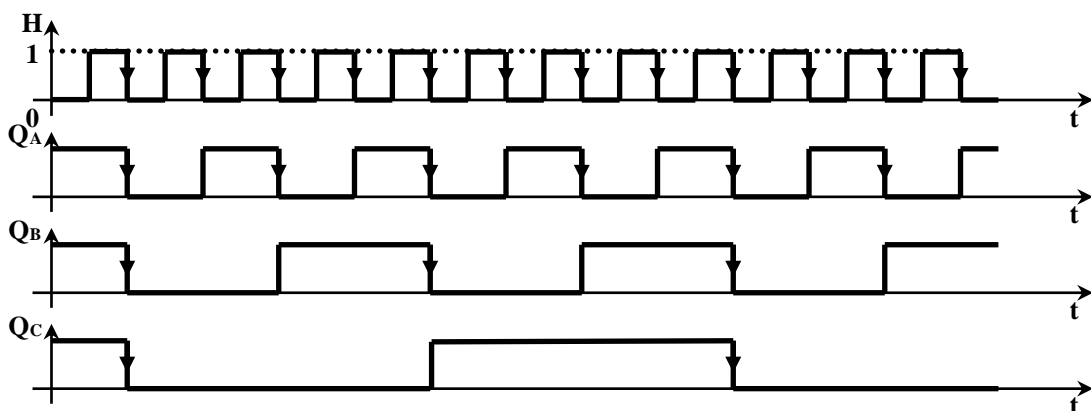


Fig.23. Diagramme du compteur

V.4. Compteurs synchrones

Le compteur asynchrone, la commande de basculement d'un bistable se fait par le retour à zéro de celui qui le précède (retard de transmission).

Le compteur synchrone, le signal d'horloge appliqué à tous les bistables du compteur, déclenche tous les changements en même temps.

La différence tient dans le fait que la durée totale de comptage synchrone d'une impulsion est bien inférieure à celle du compteur asynchrone.

Il existe différents types de compteur synchrone:

- Compteurs synchrones progressifs de base $N = 2^n$.
- Compteurs synchrones progressifs de base N quelconque.
- Compteurs synchrones régressifs (inverses).
- Compteurs synchrones réversibles.
- Compteurs à prédétermination.
- Compteurs passage d'une base à une autre.
- Compteur par une séquence quelconque.

V.4.1. Compteur modulo 4 synchrone

L'impulsion d'horloge est appliquée simultanément à chaque bascule. Celles-ci évoluent en fonction des informations présentes sur leurs entrées J, K au moment où apparaît l'impulsion.

Pour ce cas $N = 4$

Le nombre de bascule est $n = 2$ bistables ($2^{n-1} \leq N \leq 2^n$)

Le schéma de câblage de ce compteur est:

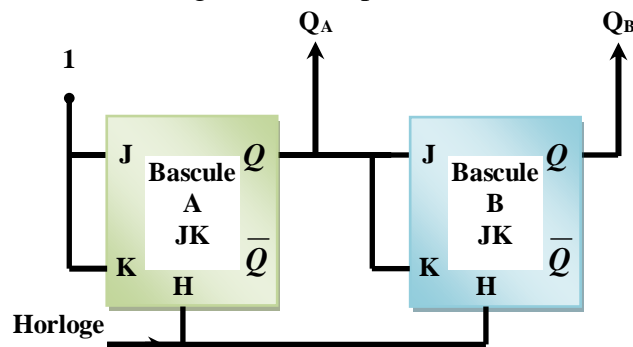


Fig.24. Compteur synchrone

V.4.2. Compteur modulo 8 synchrone

L'impulsion d'horloge est appliquée simultanément à chaque bascule. Celles-ci évoluent en fonction des informations présentes sur leurs entrées J, K au moment où apparaît l'impulsion

Pour ce cas $N = 8$

Le nombre de bascule est $n = 3$ bistables.

Le schéma de câblage de ce compteur est le suivant :

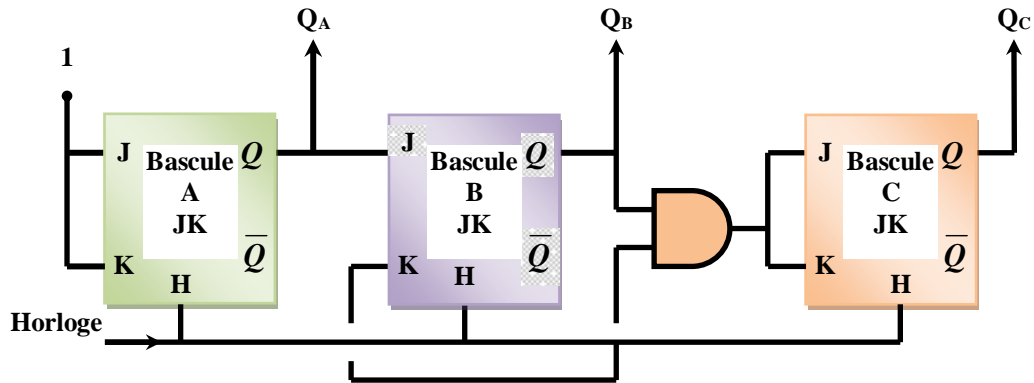


Fig.25. Compteur synchrone

V.4.3. Compteur DCB (modulo 10) synchrone

Par le même raisonnement on peut obtenir le compteur modulo 10 synchrone

D	C	B	A	Nombre
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9

Tableau 8 : Diagramme d'état

Le montage de ce compteur est donné par la figure suivante

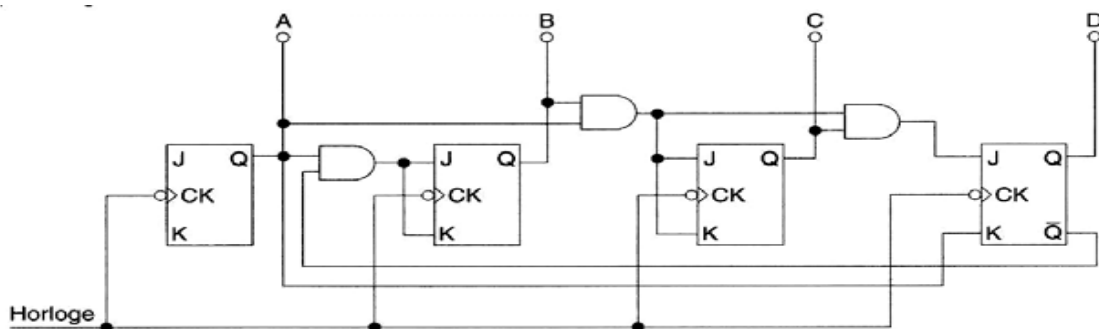


Fig.26. Montage d'un compteur modulo 10 synchrone

V.5. Compteurs Spéciaux

V.5.1. Compteurs réversibles

Ce sont des compteurs/décompteurs qui peuvent compter comme ils peuvent décompter. Le choix de la fonction comptage ou de la fonction décomptage s'effectue à l'aide d'une entrée de sélection.

V.5.2. Compteurs programmables ou pré-positionnés

Ce sont des compteurs possédant des entrées de préchargement qui contiennent la valeur de départ du comptage ou de décomptage. Le chargement du compteur se fait grâce à une entrée de commande.

V.6. Choix du type de compteur

Le choix du type du type de compteur asynchrone ou synchrone

Utilisation	Type de compteur	
	Asynchrone	Synchrone
Basse fréquence	Comptage	Comptage
	Division de fréquence	Division de fréquence
Haute fréquence	-----	Comptage
	Division de fréquence	Division de fréquence

Tableau 9:fonctions attribuées au composant Compteur

VI. Compteurs intégrés

VI.1. Définition

Un compteur (décompteur) reçoit un signal d'horloge en entrée et produit un code numérique en sortie. Ce code est automatiquement incrémenté (décrémenté) à chaque transition active (front montant ou descendant) de l'horloge.

Les compteurs électroniques intégrés reposent sur des bascules placées en cascade. Chaque bascule réalise une division par deux de son signal d'horloge. Et la sortie de chaque bascule constitue une sortie du compteur.

En fonction du branchement de ces bascules, on peut obtenir des décompteurs, des compteurs/décompteurs, des compteurs BCD, des compteurs programmables, etc...

De nombreux circuits intégrés réalisant la fonction comptage existent.

Dans la série 4000 (C-MOS), on trouve entre autres les circuits suivants :

- *4024, 4020 et 4040 : compteurs asynchrones à 7, 14, et 12 étages
- *4060 : compteur à 14 étages avec astable intégré
- *4017 : compteur de Johnson à 10 sorties (appelé aussi compteur décimal)
- *4022 : compteur de Johnson à 8 sorties (appelé aussi compteur octal)
- *4518 double compteur BCD ; 4520 double compteur binaire 4 bits, etc.

Dans la série 7400 (TTL), on trouve entre autres les circuits suivants :

- *7490 : compteur décimal
- *7492 : compteur binaire asynchrone 4 bits
- *7493 : compteur binaire asynchrone 4 bits
- *74190 : compteur-décompteur BCD synchrone
- *74193 : compteur-décompteur synchrone 4 bits avec 2 horloges et RAZ
- *74193 : compteur-décompteur synchrone 4 bits programmable, etc.

Dans cette partie, nous avons résumés l'essentiel à savoir sur les compteurs. La littérature technique est très riche et très variée dans ce domaine pour les personnes intéressées.

DECODEURS

I. Introduction

Les circuits de transformation des codes font la **transposition des données d'un code à un autre**.

Les circuits combinatoires de transcodage (appelés aussi convertisseurs de code), se répartissent en 3 catégories. Tous ces circuits logiques transforment une information présente à leurs entrées sous une forme donnée (code 1) en la même information présente à leurs sorties sous une forme différente (code 2).

Ils jouent le rôle d'interprète :

- ❖ Entre l'homme et la machine (**codeur**).
- ❖ Entre la machine et l'homme (**décodeur**).
- ❖ Entre machine et machine (**transcodeur**).

D'une manière générale, les décodeurs sont des circuits opérationnels qui permettent de traduire **une information binaire en un signal électrique permettant de commander un dispositif d'affichage lisible par l'homme**.

II. Définition

* Première définition

Un décodeur est un circuit logique combinatoire qui détecte la présence d'une combinaison spécifiée de bits (code) sur ses entrées et indique la présence de ce code par un niveau de sortie spécifié.

Un décodeur est un circuit logique combinatoire qui a une entrée binaire de n bits permettant 2^n combinaisons et M sorties telles que $2^n \geq M$.

Il détecte la présence d'une combinaison spécifique de bits (code) à ces entrées et l'indique par un niveau spécifique de sortie.

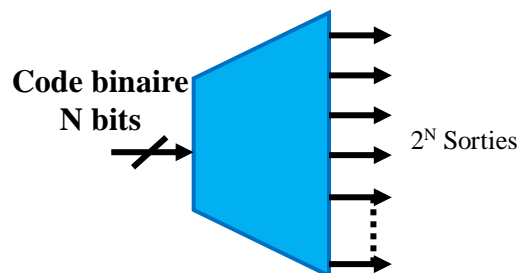


Fig.1. Schéma fonctionnel d'un décodeur

Ces circuits, qui possèdent n entrées et 2^n sorties, ont une seule sortie active à la fois : celle dont l'indice correspond au nombre binaire appliqué sur les entrées.

Suivant le type de décodeur, la sortie peut traduire deux fonctions :

- **Convertisseur de code** à un code de sortie d'entrée correspond un code de sortie.

Exemple :

Un décodeur binaire octal possède 3 bits d'entrées permettant $2^3 = 8$ combinaisons pour activer chacun des 8 sorties de l'octal.

- **Sélecteur de sortie** : Une seule sortie parmi les M disponibles est activée à la fois en fonction de la valeur binaire affichée à l'entrée.

Ces fonctions permettent d'activer (sélectionner) un circuit intégré parmi plusieurs

* Deuxième définition

Le décodeur réalise la fonction inverse du codeur. C'est un circuit logique comportant n entrées et $2n$ sorties. Lorsque le signal de validation est actif, seule la sortie dont le numéro correspond à la valeur binaire affichée sur l'entrée est active. Toutes les autres sont inactives.

Nous pouvons citer le clavier d'une porte automatique ou le décodeur BCD/Afficheur 7 segments.

Le décodeur est un circuit très employé dans les microprocesseurs. Son rôle est de sélectionner entre autres, une adresse précise de mémoire parmi un lot important d'adresses différentes.

III. Fonction du décodeur

Dans cette partie nous traitons un ou deux exemples qui permettent de mieux comprendre les circuits de décodage.

Si nous disposons de quatre tensions A, B, C, D issues d'un compteur binaire, il y aura 16 possibilités de combinaisons de ces quatre tensions. Un décodeur binaire à quatre entrées devra fournir une tension sur une seule de ces seize sorties, celle dont le numéro correspond à la combinaison des quatre tensions d'entrée.

Pour mieux illustrer la compréhension de ces décodeurs, nous donnons dans ce qui suit deux exemples

Exemple

* Premier exemple : Décodeur 2 entrées et 4 sorties

Pour pouvoir activer toutes les 4 voies on a besoin de 2 bits à l'entrée car c'est $2^2 = 4$

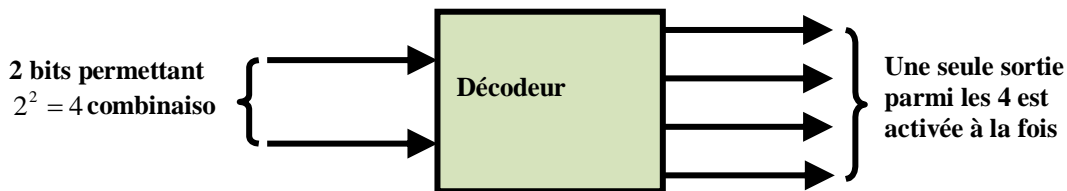


Fig.2. Décodeur : 2 entrées et 4 sorties

La table de vérité est résumée dans le tableau suivant

A	B	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Code binaire d'entrée		Codage 1 parmi 4 sorties			
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

Tableau 1: Table de vérité de fonctionnement

On peut écrire les équations de sorties:

$$S_0 = A' B'$$

$$S_1 = A' B$$

$$S_2 = A B'$$

$$S_3 = A B$$

Le schéma équivalent de ce décodage est donné par la figure 3.

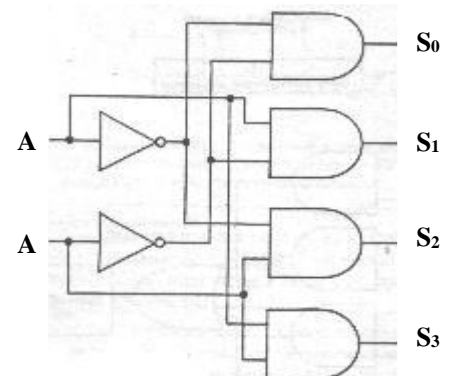


Fig.3. Montage équivalent

Dans un système numérique les instructions, tout comme les nombres, sont transportées sous forme de mots binaires.

Par exemple un mot de 4 bits peut permettre d'identifier 16 instructions différentes: l'information est codée.

Très souvent l'équivalent d'un commutateur à 16 positions permet de sélectionner l'instruction correspondant à un code.

Ce processus est appelé décodage.

La fonction de décodage consiste à faire correspondre à un code présent en entrée sur n lignes une seule sortie active parmi les $N = 2^n$ sorties possibles.

A titre d'exemple, nous allons étudier le décodage de la représentation DCB des nombres

Remarque

Certains n'utilisent pas toute la gamme de 2^n combinaisons d'entrées possibles. C'est le cas du décodeur DCB décimal qui a 4 bits d'entrée et 10 sorties donc un seule est actif dans chacune des 10 représentations du DCB

*** Deuxième exemple : Représentation DCB (Décimale Codée Binaire)**

Le code DCB (ou en anglais BCD : Binary Coded Decimal) transforme les nombres décimaux en remplaçant chacun des chiffres décimaux par 4 chiffres binaires.

Cette représentation conserve donc la structure décimale : unités, dizaines, centaines, milliers, etc...

Chaque chiffre est codé sur 4 bits.

La table de vérité est résumée dans le tableau suivant

Décimal	DCB
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Tableau 2 : Table de vérité

Par exemple le nombre décimal 294 sera codé en DCB : 0010 1001 0100.

Ce type de codage permet, par exemple, de faciliter l'affichage en décimal du contenu d'un compteur. Pour ce faire on peut utiliser des afficheurs lumineux à sept segments.

La fonction de chacun des transcodeurs est de positionner à 1 les lignes de sortie correspondant aux segments à allumer selon de code porté par les quatre lignes d'entrée. De manière générale, un transcodeur fait correspondre à un code A en entrée sur n lignes, un code B en sortie sur m lignes.

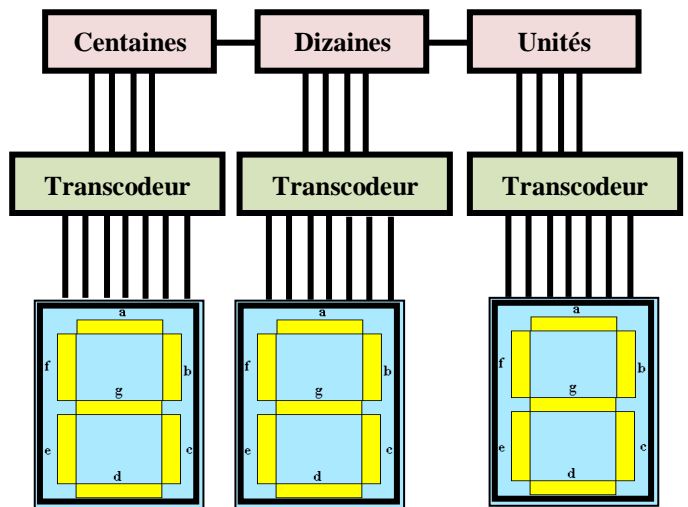


Fig.4. Schéma d'un code BCD

Nous allons étudier l'exemple d'un décodeur DCB-décimal. La table de vérité de ce décodeur est très simple :

D	C	B	A	L ₀	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉
0	0	0	0	1									
0	0	0	1		1								
0	0	1	0			1							
0	0	1	1				1						
0	1	0	0					1					
0	1	0	1						1				
0	1	1	0							1			
0	1	1	1								1		
1	0	0	0									1	
1	0	0	1										1

Tableau 3 : Table de vérité de ce décodeur

A chacune des lignes de sortie nous pouvons associer un produit prenant en compte chacune des quatre entrées ou leur complément.

Ainsi la ligne 5 correspond à : $A' B C' D$

D'autre part, on souhaite souvent n'activer les lignes de sortie qu'en présence d'un signal de commande global (STROBE ou ENABLE).

Ce signal S est mis en coïncidence sur chacune des dix portes de sortie. Dans l'exemple suivant, si S est dans l'état 0 le décodeur est bloqué et tous les sorties sont également dans l'état 0.

Dans cette suite, nous allons insister sur les décodeurs DCB 7 segments qui sont la base de notre horloge numérique.

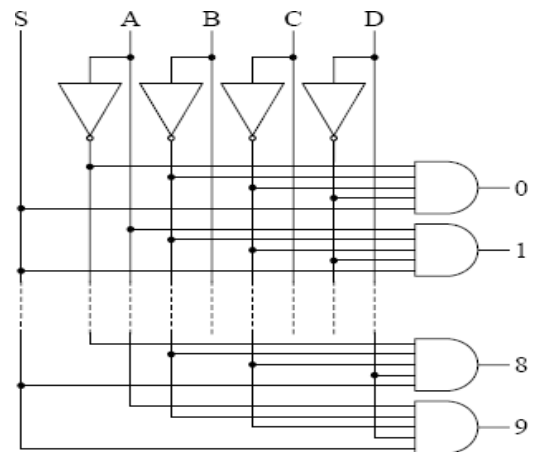


Fig.5. Schéma de logigramme d'un décodeur

IV. Synthèse des décodeurs DCB 7segments

Le code DCB (ou en anglais BCD : Binary Coded Decimal) transforme les nombres décimaux en remplaçant chacun des chiffres décimaux par 4 chiffres binaires.

Cette représentation conserve donc la structure décimale : unités, dizaines, centaines, milliers, etc... Chaque chiffre est codé sur 4 bits.

Les 10 chiffres décimaux (0 à 9) et parfois les caractères de l'hexadécimal (A à F) peuvent être configurés au moyen de 7 segments (voir ci-dessous).

Le décodeur 7 segments accepte en entrée les 4 bits DCB (a_0, a_1, a_2, a_3) et rend

actives les sorties qui vont permettre de faire passer un courant dans les segments d'un afficheur numérique pour former les chiffres décimaux (de 0 à 9).

Chaque segment est constitué d'un matériau qui émet de la lumière lorsqu'il est traversé par un courant. Les matériaux les plus utilisés sont les LED et les filaments incandescents

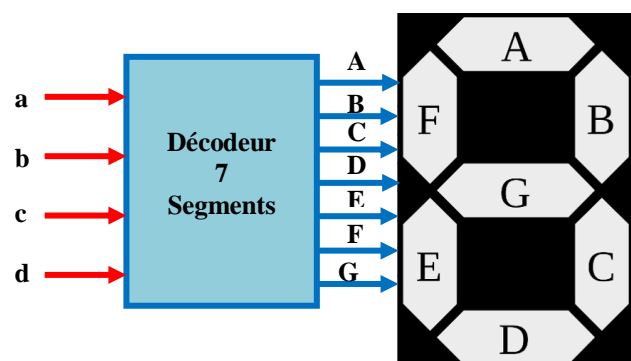


Fig.6. Disposition des 7 segments

Pour notre réalisation des décodeurs BCD 7 segments sont utilisés pour pouvoir afficher des nombres compris entre 0 et 59 et 0 à 23.

Dans cette série de décodeur, les uns vont recevoir les unités et les autres les dizaines, et qui vont à leur tour décoder ces états en 7 (sept) signaux qui vont attaquer les sept segments du dispositif d'affichage.

La table de vérité du décodeur est la suivante:

C hiffre	Entrées				Sorties							Affi chage
	a	b	c	d	A	B	C	D	E	F	G	
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	2
3	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	3
4	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	4
5	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	5
6	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
7	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	7
8	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9

Tableau 4: Table de vérité d'un décodeur

avec

Niveau 0: absence du signal de commande.

Niveau 1: présence du signal de commande.

Remarque

Le décodeur BCD / 7 segments permet de commander un afficheur à 7 segments.

- Il dispose de 7 sorties, notées a, b, c, d, e, f, g correspondant chacune à un des 7 segments de l'afficheur également notés a, b, c, d, e, f, g.

- Le segment "a" est évidemment relié à la sortie "a" du décodeur et s'allume ou s'éteint suivant l'état électrique de la sortie (allumé si niveau haut, éteint si niveau bas).

- Les entrées sont au minimum de quatre. On notera les quatre entrées principales E_3, E_2, E_1 et E_0 . Elles représentent le nombre binaire $E_3E_2E_1E_0$ (E_3 étant le bit de poids le plus fort et E_0 celui de poids le plus faible) à afficher.

- L'état des sorties du décodeur dépend du nombre binaire que l'on a en entrée. Ce nombre binaire est affiché en décimal sur l'afficheur à 7 segments.

- Avec un afficheur à 7 segments, on ne peut afficher que les 10 premiers chiffres de 0 (0000 en binaire) à 9 (1001 en binaire). Si le nombre en entrée du décodeur est supérieur à 9, l'affichage ne représente plus un nombre et dépend du type du décodeur.

V. Décodage

V.1. Introduction

Pour traduire ces informations binaires issues des circuits opérationnels et pour être lu par le lecteur (lecture des heures, des minutes et des secondes) une conversion est nécessaire en signal électrique.

Pour notre étude nous avons utilisé des décodeurs **BCD 7 segments** afin de pouvoir afficher tous les nombres à savoir de 0 à 59 pour les **secondes** et les **minutes** et de 0 à 23 pour les heures.

Dans la littérature, il existe plusieurs circuits intégrés dans la série TTL. La liste de ces circuits intégrés de décodage est la suivante :

- * 7441 : décodeur BCD vers décimal
- * 7442 : décodeur BCD vers décimal
- * 7443 : décodeur 4 bits vers décimal incrémenté de 3 (3 à 12)
- * 7444 : décodeur 4 bits vers décimal code gray incrémenté de 3
- * 7445 : décodeur BCD vers décimal avec sortie à collecteur ouvert d'une protection de 30 volts
- * 7446 : décodeur BCD à 7 segments avec sortie à collecteur ouvert d'une protection de 30 volts
- * 7447 : décodeur BCD à 7 segments avec sortie à collecteur ouvert d'une protection de 15 volts
- * 7448 : décodeur BCD à 7 segments avec sortie à collecteur ouvert muni de résistance de tirage
- * 7449 : décodeur BCD à 7 segments avec sortie à collecteur ouvert
- * 74184 : Convertisseur BCD vers binaire
- * 74185 : Convertisseur binaire vers BCD

Les décodeurs utilisés dans notre réalisation sont les circuits intégrés «7447».

V.2. Présentation du circuit intégré SN 7447

C'est un décodeur BCD 7 segments (figure 7) présentant quatre entrées (**A, B, C, D**) et sept sorties (**a, b, c, d, e, f, g**).

Le brochage (figure 8) de ce circuit est le suivant :

avec:

A, B, C, D: Entrées pour les quatre bits du code DCB.

LT : Lampe test, entrée pour contrôler le fonctionnement des segments de l'afficheur.

R₀, R₁: Entrée pour bloquer la visualisation sur l'afficheur du chiffre zéro.

A b, c, d, e, f, g: Sorties 7 segments.

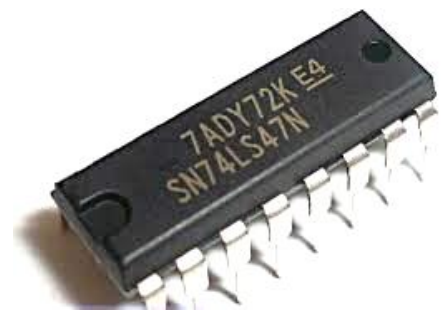


Fig.7. décodeur (BCD/7seg) 7447

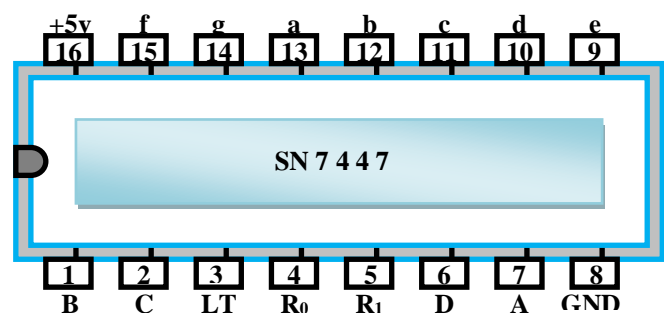


Fig.8. Brochage du SN 7447

Remarque

* Décodeurs de grande capacité

Compte tenu du nombre limité de connexions sur un circuit intégré, il est souvent utile de mettre en cascade les décodeurs pour permettre le décodage d'un grand nombre de combinaisons.

Grace aux entrées de validation, on peut augmenter notablement la capacité du système de décodage.

VI. Décodeur pilote DCB 7 segments

Les 10 chiffres décimaux (0 à 9) et parfois les caractères de l'hexadécimal (A à F) peuvent être configurés au moyen de 7 segments (voir ci-dessous).

Chaque segment est constitué d'un matériau qui émet de la lumière lorsqu'il est traversé par un courant.

Les matériaux les plus utilisés sont les LED et les filaments incandescents.

Exemple

- 8 s'écrit en allumant toutes les LED
- 2 s'écrit en allumant a, b, d, e, g
- 1 s'écrit en allumant les LED b, c
- F s'écrit en allumant les LED a, e, f, g

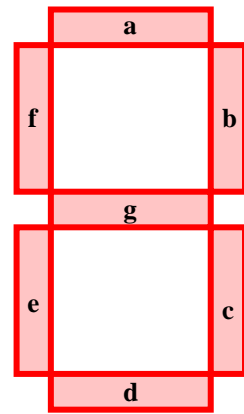


Fig.9. Disposition des 7 segments

Remarques

- Afficheur 7 segments est dit à anode commune lorsque toutes les anodes des LED qui constituent les 7 segments sont reliés à $+V_{CC}$.

Une LED est allumée si sa cathode est à la masse.

- Un afficheur est dit à cathode commune lorsque toutes les cathodes sont reliées à la masse. Une LED s'allume lorsque l'anode est mise à $+V_{CC}$.

Les segments étant constitués des LED, il est nécessaire de disposer une résistance en série avec chaque LED pour limiter le courant et éviter sa destruction.

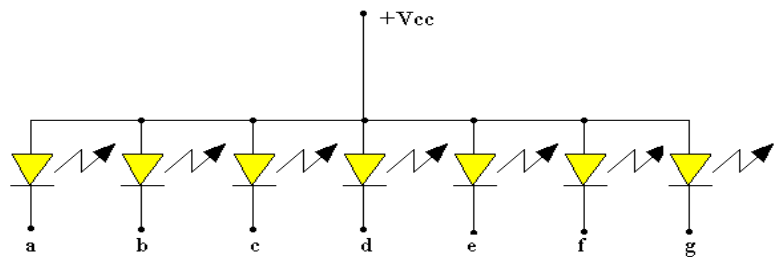


Fig.10. Afficheur à anode commune

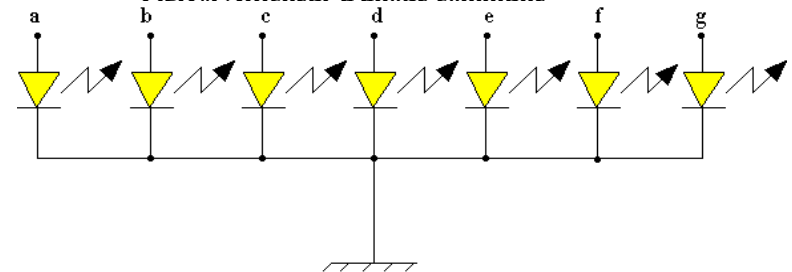


Fig.11. Afficheur à cathode commune

AFFICHEURS

I. Introduction

Les afficheurs 7 segments sont un type d'afficheur très présent sur les calculatrices et les montres à affichage numérique : les caractères (des chiffres, bien que quelques lettres soient utilisées pour l'affichage hexadécimal) s'écrivent en allumant ou en éteignant des segments, au nombre de sept. Quand les 7 segments sont allumés, on obtient le chiffre 8.

La conception des systèmes à microcontrôleurs implique parfois l'affichage des données à l'utilisateur.

A cet effet, on peut utiliser des afficheurs 7 segments, l'afficheur de caractère à cristaux liquides LCD et l'afficheur LCD à écran graphique.

Le traitement de toute information doit aboutir sur un organe soit de visualisation, d'impression ou autre.

Dans ce chapitre, on étudie et on illustre ces dispositifs par des exemples.

II. Affichage 7 segments

Un segment est une portion de l'afficheur, qui est allumée ou éteinte pour réaliser l'affichage. Cette portion n'est en fait rien d'autre qu'une LED qui au lieu d'être ronde comme d'habitude est plate et encastré dans un boîtier.

On dénombre donc 8 portions en comptant le point de l'afficheur (mais il ne compte pas en tant que segment à part entière car il n'est pas toujours présent). L'afficheur est donné par la figure 1.

Un afficheur 7 segments est un dispositif qui permet de visualiser un nombre limité de caractères essentiellement numériques, mais il est possible de visualiser quelques caractères comme : **a, b, c, d, e ou f**.

L'afficheur 7 segments est un ensemble de LED, disposées de sorte qu'on visualise les caractères en activant les segments convenables.

A chaque segment, on attribue une lettre de "a" jusqu'à "g". La description et l'apparence physique de ces afficheurs sont illustrées sur les images de la figure 1.



Fig.1. Afficheur 7 segments

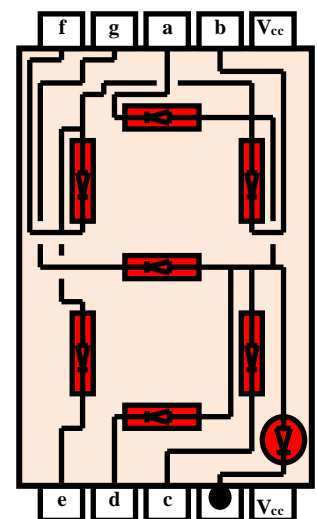


Fig.2. Représentation interne d'un afficheur

III. Différents types d'afficheur 7 segments

Les afficheurs à LED sont des afficheurs qui permettent de visualiser un chiffre ou un nombre à l'aide de segments lumineux. Les sources lumineuses sont internes au composant et permettent l'affichage même en pleine nuit, ce qui n'est pas le cas des afficheurs LCD non rétroéclairés.

C'est quasiment toujours ce type d'afficheur qui est utilisé sur les radioreveils quand la couleur des chiffres est verte ou rouge.

Les afficheurs à LED émettent la plupart du temps une lumière rouge ou verte, mais on en trouve aussi qui rayonnent dans le jaune et même dans le bleu, bien qu'ils soient moins répandus à cause de leur prix plus élevé.

Il existe aussi des afficheurs fluorescents émettant une couleur bleue, mais il s'agit d'un type d'affichage de conception totalement différente, à ne pas confondre avec les afficheurs à LED bleues.

Une LED est un composant électronique qui émet de la lumière quand un courant électrique la traverse dans un sens bien précis ; la diode est donc polarisée. Si elle est branchée dans le mauvais sens ; elle ne s'allume pas. Le + doit être branché sur l'anode, le - doit être branché sur la cathode.

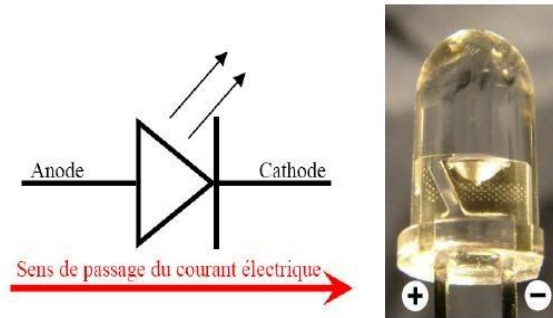


Fig.3. Photo et symbole d'une LED

On distingue donc 2 types d'afficheurs :

- Afficheur à cathode commune.
- Afficheur à anode commune.

* **Afficheur à anode commune** : toutes les anodes sont reliées et connectées au potentiel haut. La commande du segment se fait par sa cathode mise au potentiel bas.

* **Afficheur à cathode commune** : toutes les cathodes sont reliées et connectées au potentiel bas. La commande du segment se fait par son anode mise au potentiel haut.

Ils existent également dans un format dynamique.

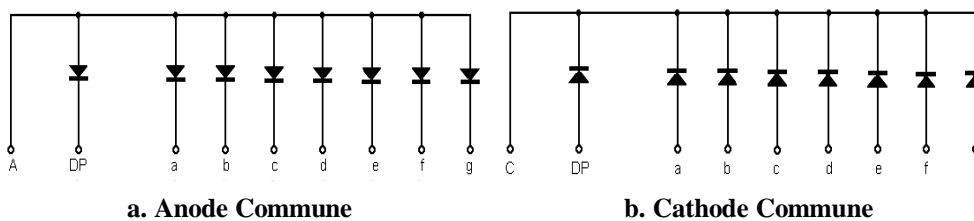


Figure .4. Structure des afficheurs 7 segments

III.1. Commande de l'afficheur à anode commune

L'allumage d'un segment se fera par l'application d'un **niveau logique 0** sur la commande correspondante.

Les résistances R_1 à R_7 permettent de fixer le courant circulant dans les segments de l'afficheur.

$$I_{Fa} = \frac{V_{com-a} - V_{F1}}{R_1}$$

III.2. Commande de l'afficheur à cathode commune

L'allumage d'un segment se fera par l'application d'un **niveau logique 1** sur la commande correspondante.

Les résistances R_1 à R_7 permettent de fixer le courant circulant dans les segments de l'afficheur.

$$I_{Fa} = \frac{V_{CC} - V_{F1} - V_{com_a}}{R_1}$$

IV. Constitution des LED des afficheurs

Les afficheurs à LED comportent autant de LED que de segments à afficher, il y a une LED pour chaque segment.

Chaque LED est toute petite et forme juste un point émissif, et la lumière est ensuite diffusée sous forme d'un bâton pour représenter un segment.

Imaginez simplement un triangle dont la pointe est dirigée vers le bas (pointe = LED) et dont la surface rectiligne (base du triangle retourné) est la partie visible du segment que l'on voit s'allumer.

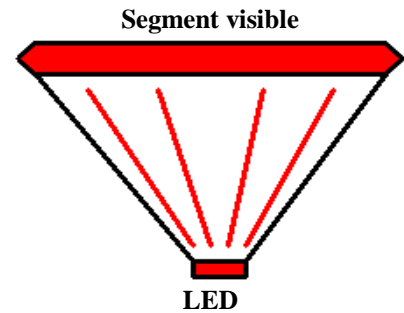


Figure.5. Constitution d'un affichage à LED

V. Afficheurs

V.1. Brochage de l'afficheur

Le brochage en général d'un afficheur est donné par la figure 6.

Pour notre étude, on a utilisé la visualisation avec l'affichage décimal.

Ce type d'afficheur permet d'afficher en numérique ou en décimal, le nombre binaire lui correspondant.

Parmi tous les dispositifs d'affichage décimal qui existent actuellement et les plus répandus sont à diode électroluminescente de forme allongée.

Ces segments disposés en forme de 8, permettant de représenter les chiffres de 0 à 9.

Des résistances de protection entre afficheur et décodeur sont nécessaires pour limiter la tension (car les diodes ont une tension seuil de l'ordre 1,6v).

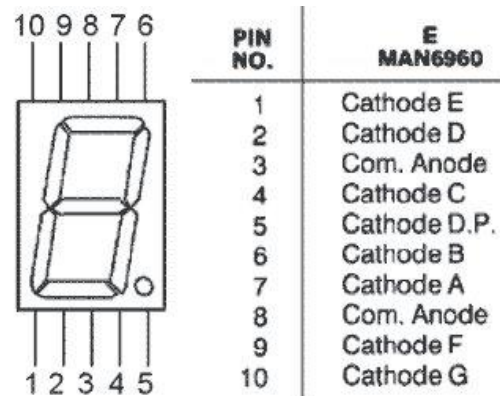


Fig.6. Brochage d'un afficheur

V.2. Valeur des Résistances série de l'afficheur

Les résistances R_1 à R_7 placées en série avec les broches de l'afficheur sept segments sont impératives, elles permettent de limiter le courant circulant dans les segments.

La valeur de ces résistances doit être calculée selon la formule suivante :

$$R = \frac{(V_{CC} - V_d - V_{Seg})}{I_{seg}}$$

où

- R est exprimée en ohms,
- V_{CC} est la tension d'alimentation,
- V_d tension seuil de la diode,
- V_{seg} la tension nominale des segments de l'afficheur
- I_{seg} leur courant nominal.

Exemple

Si par exemple on a $V_{CC} = +5v$ et que votre afficheur possède des segments de type $1,6v/10mA$ ou en moyenne $1,6v/20mA$, les résistances auront la valeur suivante :

$$R = \frac{(V_{CC} - V_d - V_{Seg})}{I_{seg}} = \frac{5 - 0,6 - 1,6}{0,01}$$

$R = 280\Omega$ (voir la valeur normalisée la plus proche)

Les valeurs des résistances doivent être comprises entre 140Ω et 80Ω 280Ω .

Remarque

Il est recommandé de mettre une résistance de protection entre décodeur et afficheur, car en général, on sait qu'en fonctionnement normal une diode électroluminescente (LED) absorbe en moyenne $20mA$ et crée une chute de tension de $1,6v$.

La consommation d'un afficheur unique ne doit pas être prise à la légère. Quand tous les segments d'un seul afficheur classique sont allumés (chiffre 8), cela représente tout de même une consommation de l'ordre de $70mA$.

L'intensité de la LED est fonction de la résistance :

- Si vous voulez augmenter la luminosité, il suffit de diminuer cette valeur.
- Si au contraire vous voulez diminuer la luminosité, augmenter la résistance.

Ces diodes électroluminescentes ou LED sont des diodes au phosphore-arsénium de gallium délivrant une radiation lumineuse rouge lorsqu'elles sont polarisées en direct, c'est à dire alimentées dans le sens de leur conduction.

Ces derniers utilisent deux chiffres ou plus dans un seul boîtier reliant tous les segments en parallèle, mais avec des bornes communes séparées. Les figures suivantes montrent des afficheurs 7 segments dans leur forme dynamique :

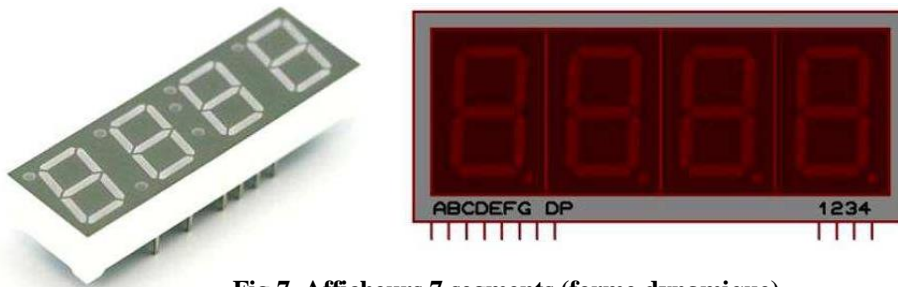


Fig.7. Afficheurs 7 segments (forme dynamique)

L'entrée DP, qu'on peut voir sur la figure ci-dessus, est le huitième segment. Il est mis en œuvre dans certains affichages et correspond à la virgule, il est utilisé si la demande l'exige.

Remarque

La mise en œuvre des afficheurs dynamiques utilise la même théorie d'un seul afficheur. L'affichage dynamique consiste à afficher un seul chiffre à la fois.

Par exemple, si on veut afficher quatre chiffres, on active l'afficheur des unités, ensuite on l'éteint et on active le chiffre des dizaines, puis on l'éteint et le chiffre des centaines est activé, enfin on fait la même chose avec l'afficheur des milliers.

Ce processus doit être effectué à une vitesse de manière à tromper l'œil humain, de sorte à voir comme si tous les chiffres ont été actifs.

Cette gestion d'affichage minimise les connexions électriques et la consommation d'énergie, car en réalité un seul afficheur est actif à la fois.

III. Afficheurs LCD

Les afficheurs de caractères à cristaux liquides LCD sont des modules préfabriqués qui contiennent des pilotes inclus.

Ces écrans disposent d'un bus de données et un bus de commande, pour la manipulation de ces appareils, le compilateur Mikro C PRO dispose d'une bibliothèque prédéfinie pour contrôler les LCD.

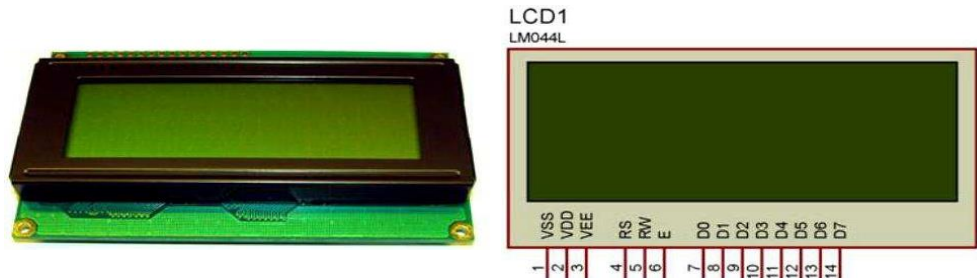


Fig.8. Afficheur LCD

L'apparence physique des LCD et celle dans ISIS sont présentées dans la figure suivante :

Les afficheurs LCD, permettent de visualiser les caractères figurant dans le code ASCII. En plus du code ASCII, LCD affiche jusqu'à 8 caractères conçus par le développeur.

Une autre caractéristique fondamentale des afficheurs LCD, tenant physiquement sur 8 bits, est la possibilité de configurer les connexions avec seulement 4 bits.

La connexion 8-bit implique un plus grand nombre de fils à utiliser, pour une meilleure vitesse de travail, par conséquent les connexions de 4 bits réduits le nombre de fils, mais diminue la vitesse.

Remarques

- L'implémentation de l'afficheur LCD, requiert l'utilisation des instructions et des commandes séquentielles pour la configuration et l'utilisation de l'afficheur, cependant, la bibliothèque de MikroC PRO minimise ce travail, car elle se charge de faire tous ces réglages, ce qui rend beaucoup plus facile le travail développeur.

- Les LCD sont fabriqués dans différentes formes et couleurs, ils sont disponibles avec des écrans verts, bleu et jaune, avec des distributions de caractères sous forme de matrice comme les LCD 2 lignes, 16 colonnes. Ceux-ci sont connus comme 2x16, de la même manière on peut trouver des 1x16, 2x16, 2x8, 2x20, 4x20, entre autres. Pour les exemples de ce chapitre, on utilisera l'afficheur 4x20.

- Pour démarrer la simulation de l'afficheur LCD, on cherche le dispositif de LM044L, et PIC 16F84A dans le simulateur ISIS. La référence LM044L dans ISIS correspond à un LCD de 4x20.

Partie Pratique

ALIMENTATION

I. Introduction

Les alimentations sont utilisées pour alimenter les appareils électriques et électroniques. La plupart des appareils électroniques utilisent une alimentation en courant continu pour le fonctionnement, lequel doit avoir une tension propre et constante.

La plupart de ces systèmes d'alimentation sont construits autour d'un régulateur de tension linéaire.

Pour notre étude, on a eu besoin de deux alimentations :

- Une alimentation non régulée 5V pour alimenter les afficheurs, les compteurs et les décodeurs de notre réalisation.
- Une alimentation régulée 5V pour alimenter le circuit de la mise en forme du signal, le circuit du diviseur par 50, la remise à l'heure et le reste des composants.

II. Alimentation régulée

II.1. Présentation

La régulation de tension consiste à maintenir la tension au niveau souhaité, ce qui convient à l'appareil connecté.

Les alimentations régulées maintiennent la tension afin de fournir une tension continue aux appareils électriques et électroniques sensibles.

La tension continue régulée est produite par une série de sous-fonctions dans une alimentation.

II.2. Alimentation régulée

L'alimentation régulée réalisée pour alimenter tout les composants de notre réalisation est présentée à la figure 1 à l'exception des afficheurs (LED), des compteurs et des décodeurs. Pour les afficheurs qui consomment beaucoup de courant, on a eu recours à une autre alimentation.

Comme le montre la figure 1 ci-dessus, l'alimentation comprend les parties suivantes : un transformateur, un redresseur de tension, un condensateur de filtrage et un régulateur de tension.

* Le transformateur utilisé est un abaisseur de tension qui donne à sa sortie une tension alternative.

* Un circuit de redressement à pont de diodes transforme la tension alternative réduite en une forme d'onde positive.

* Un circuit de filtrage composé d'un condensateur C_1 connecté en parallèle transforme la forme d'onde positive en une tension continue ondulée.

La tension recueillie au niveau de cette capacité est pratiquement continue, mais elle est très sensible aux fluctuations du réseau d'où la nécessité d'un étage de régulation, ceci est assuré par un régulateur de tension.

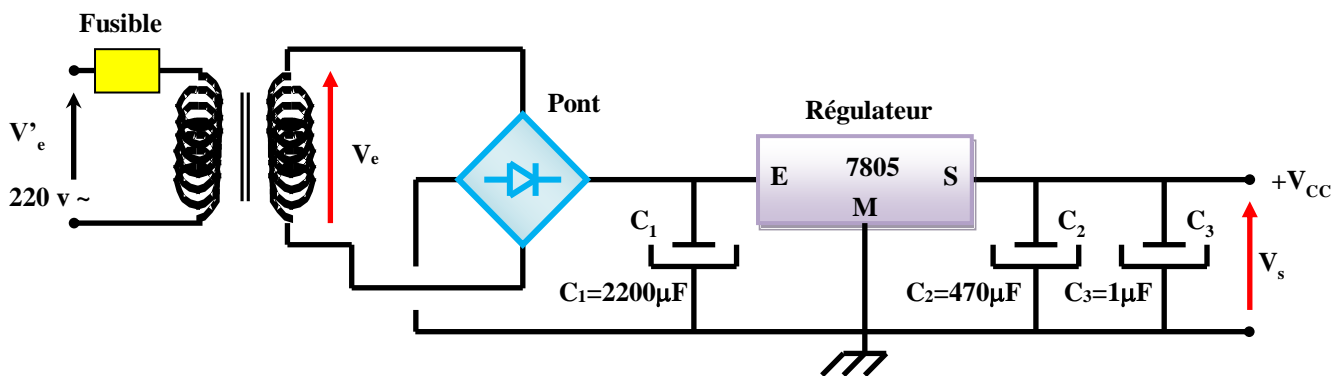


Fig.1. Alimentation régulée

Si le courant consommé par la charge (l'appareil connecté) est inférieur au courant d'alimentation maximal de l'alimentation, la tension sera constante indépendamment du courant consommé.

Une alimentation régulée permet de faire fonctionner presque tous les appareils électroniques disponibles, car ceux-ci sont très sensibles aux variations de tension.

Par conséquent, **il est crucial d'avoir une alimentation en tension régulière.**

Remarques

- Si la tension n'est pas régulière, certains appareils peuvent être détruits à des tensions excessives alors que d'autres peuvent ne pas fonctionner correctement.
- Pour protéger les circuits contre les courts-circuits et les fortes dissipations thermiques, des capacités C_2 et C_3 assurent la stabilité et le couplage de l'alimentation.
- Un fusible de protection est utilisé contre les surtensions (surintensités) issue du secteur d'alimentation.
- Les alimentations régulées sont les unités qui convertissent la tension principale alternative en une tension continue propre et constante. Avec l'utilisation d'un circuit régulateur de tension, les variations et le bruit dans la tension alternative d'entrée sont évités dans la sortie.
- A la sortie de cette alimentation (en parallèle avec le condensateur C_3), on a mis en série une résistance et une LED (verte) pour indiquer Marche/Arrêt de l'alimentation.

III. Alimentation stabilisée

L'alimentation en courant continu stabilisée ne comporte pas de circuit de régulation de tension. Par conséquent, il fournit uniquement une tension continue ondulée en redressant et en filtrant le courant alternatif.

C'est la principale différence entre une alimentation régulée et non régulée.

Contrairement à la sortie d'une alimentation régulée, une sortie non régulée reflétera les variations et le bruit dans le courant alternatif d'entrée. Néanmoins, ces distorsions AC peuvent être atténuées en utilisant des condensateurs de lissage à la sortie.

Une **alimentation stabilisée** est un dispositif électronique, utilisant un éventuel redressement à l'aide de diodes suivi d'un filtrage capacitif, **permettant le réglage de la tension.**

Ce type d'alimentation **ne comporte pas de circuit de régulation**, tout au plus un système d'abaissement actif de la tension (par claquage à l'aide d'une diode Zener par exemple, épaulée en option d'un transistor 'ballast' pour en augmenter le courant disponible).

Elle est utilisée pour alimenter les circuits d'interfaces, qui consomment un très fort courant, que nous n'avons pas pu l'avoir avec une seule alimentation régulée.

Cette raison, nous a poussés à utiliser une autre alimentation indépendante de la première pour les circuits d'interfaces.

Le pont assure le redressement double alternance. Le filtrage se fait par l'intermédiaire du condensateur C_4 et la stabilisation par un transistor. La diode zener ajoutée à ce montage servira à fixer la tension de sortie à 5v.

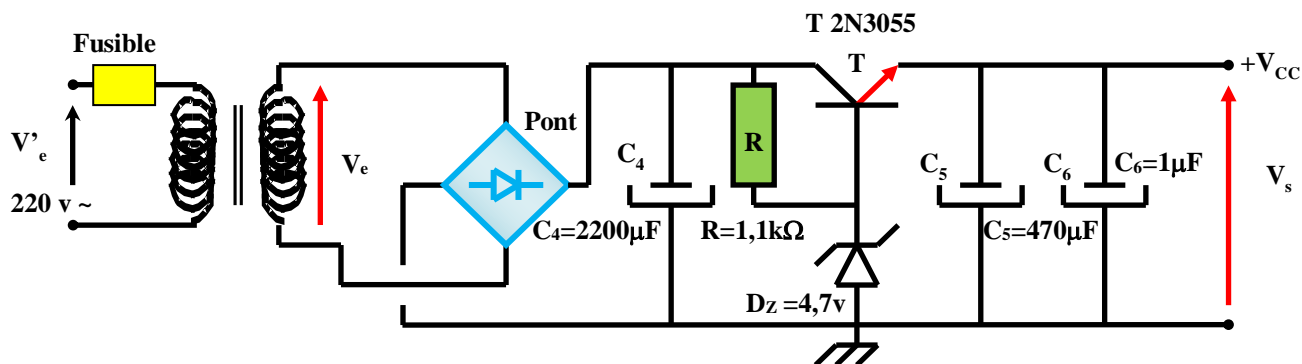


Fig.2. Alimentation stabilisée

Dans ce circuit, le transistor est connecté en série avec la charge en tant qu'émetteur suiveur, tout le courant circulant dans sa jonction.

Le niveau à la base est contrôlé par une diode Zener : avec une augmentation du courant à la sortie, une tension plus élevée est appliquée à la base, la conductivité du transistor augmente et la tension de sortie est rétablie.

La puissance d'un tel stabilisateur est déterminée par le type de transistor et peut atteindre des dizaines de watts.

Pour protéger les circuits contre les courts-circuits et les fortes dissipations thermiques, des capacités C_5 et C_6 assurent la stabilité et le couplage de l'alimentation.

A la sortie de cette alimentation (en parallèle avec le condensateur C_6), on a mis en série une résistance et une LED (rouge) pour indiquer Marche/Arrêt de l'alimentation.

Remarques

- Le régulateur de tension le plus simple est une diode Zener, également appelée diode Zener, une diode qui fonctionne en continu en mode claquage. La tension à laquelle se produit le claquage est la tension de stabilisation, paramètre principal de la diode Zener. Lorsque la charge est connectée en parallèle, un stabilisateur de tension élémentaire est obtenu, approximativement égal à la tension de stabilisation.

- Cette solution se caractérise par un faible facteur de stabilisation, une dépendance à la température et est utilisée à de faibles courants de charge pour alimenter les composants individuels du circuit principal. Il est possible d'augmenter considérablement le courant de sortie si un transistor puissant est installé en série avec la charge.

MISE EN FORME DU SIGNAL

I. Introduction

Pour la réalisation de notre horloge numérique à partir d'un signal sinusoïdal.

Une mise en forme de ce signal est nécessaire, c'est-à-dire production de signaux rectangulaires de durée réglable à partir de signaux sinusoïdaux.

II. Signal carré

Pour l'obtention du signal carré à partir du signal sinusoïdal de fréquence 50Hz du secondaire du transformateur.

Sur le secondaire du transformateur, nous prélevons aussi, à travers la résistance R , le signal de fréquence 50Hz ensuite appliqué à la base du transistor T_1 .

Le montage utilisé pour l'obtention de ces signaux est un circuit couplé collecteur-base, c'est un **Trigger de Schmitt simplifié**.

Le schéma adopté pour la mise en forme de ce signal est représenté par le montage de la figure suivante:

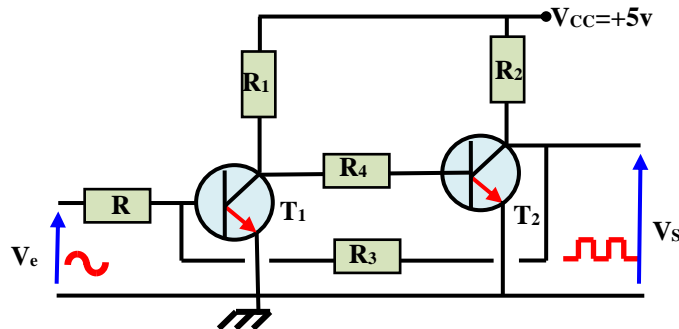


Fig.1. Circuit couplé collecteur-base

Le circuit couplé collecteur-base bistable (BJT) peut être converti en un déclencheur de Schmitt en connectant une résistance de base supplémentaire à l'une des bases.

Comme tout verrou, le **circuit bistable** couplé collecteur-base fondamental possède une hystérésis.

Ainsi, il peut être converti en un déclencheur de Schmitt en connectant une résistance de base supplémentaire R à l'une des entrées (base T_1 sur la figure 1).

Les deux résistances R et R_4 forment un sommateur de tension parallèle qui additionne la tension de sortie (collecteur T_2) et la tension d'entrée, et pilote le transistor asymétrique "comparateur" T_1 . Lorsque la tension de base franchit le seuil ($V_{BE0} = 0,65\text{v}$) dans une certaine direction, une partie de la tension de collecteur de T_1 est ajoutée dans la même direction à la tension d'entrée. Ainsi la sortie **modifie** la tension d'entrée au moyen d'une rétroaction positive parallèle et n'affecte pas le seuil (la tension base-émetteur).

Remarque

- En **électronique, bistable** se dit d'un signal ayant deux états logiques stables: **0** et **1**. Le passage d'un état à un autre ne peut s'opérer qu'à la suite d'une action extérieure.
- La **bascule** est un exemple de composant électronique bistable.

Le montage choisi pour notre horloge est celui représenté par la figure 2

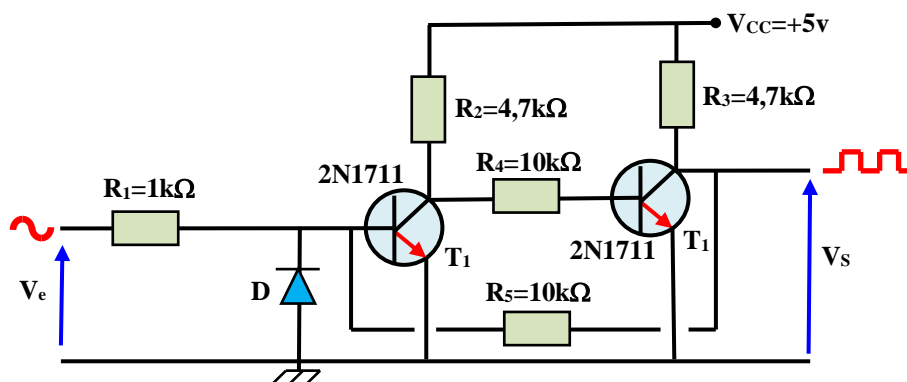


Fig. 2. Schéma du Trigger de Schmitt

L'étage de mise en forme choisi pour notre horloge numérique qui est dérivé du trigger de Schmitt, sa sortie ne prend que 2 états haut ou bas (0 ou 1).

Nous remarquons sur ce montage que les résistances d'émetteurs ont été enlevées, et ceci du fait que ces résistances introduisent une réaction lors du basculement du Trigger de Schmitt qui s'effectue d'une manière très brutale.

La tension d'offset consiste à réaliser le Trigger comme un simple bistable, mais en donnant à l'une des résistances de couplage (celle de rétro-couplage entre le premier et le second étage) une valeur assez élevée pour que le montage fonctionne comme Trigger.

Pour les calculs des composants du Trigger sont donnés à partir des fiches techniques des transistors et un calcul statique permet d'obtenir les différentes résistances. Pour leurs valeurs en se base énormément sur les courbes obtenues à l'oscilloscope du signal de sortie.

Remarque

Mais avant d'envoyer ce signal vers cet étage de mise en forme il faut s'assurer de la tension d'entrée de cet étage.

- Plus faible cette tension aurait de la difficulté à débloquer l'étage de mise en forme.
- Plus forte il serait nécessaire de monter une diode D de protection entre la base et la masse du premier transistor et d'augmenter la résistance (R_1) de base de $1k\Omega$.

DIVISEUR PAR 50

I. Introduction

Le signal carré obtenu à la sortie du Trigger de Schmitt de la mise en forme a une fréquence de 50Hz , c'est pour cela qu'un diviseur de fréquence par 50 est nécessaire et ce dans le but d'obtenir un signal de fréquence de 1Hz .

Pour cette division de fréquence par 50, on a utilisé un compteur asynchrone en BCD donc son principe est de revenir à **0** après la configuration du **9** (1001).

Les circuits choisis pour réaliser ce compteur sont les circuits intégrés «**SN 7490**». C'est un compteur très utilisé

II. Présentation du circuit

II.1. Schéma de brochage de ce circuit

Ce compteur est réalisé en technologie TTL. Son brochage est donné à la figure 1.

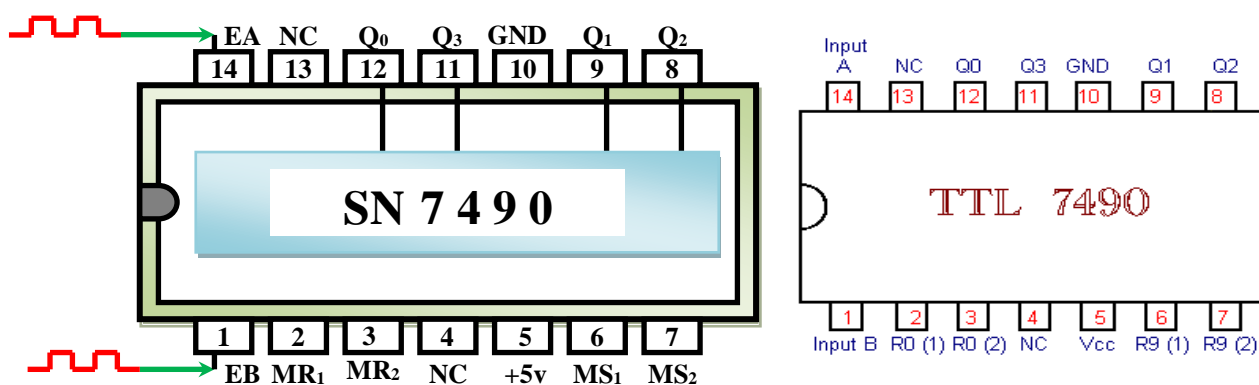


Fig.1. Brochage du circuit intégré SN 7490

Avec

EA: Entrée horloge A (CP_0)

EB: Entrée horloge B

NC: Non connecté

Q₀: Sortie de la 1^{ère} bascule

Q₁: Sortie de la 2^{ème} bascule

Q₂: Sortie de la 3^{ème} bascule

Q₃: Sortie de la 4^{ème} bascule

MR₁, MR₂ (R₀(1), R₀(2)) : Entrée permette la remise à zéro (0)

MS₁, MS₂ (R₉(1), R₉(2)) : Entrée permette la remise à neuf (9)

GND: Masse

II.2. Circuit interne du circuit intégré 7490

Ce circuit comporte 4 bascules, les 3 premiers sont des bascules JK et la dernière une bascule RS qui est commandée directement par l'entrée d'horloge B.

Le circuit interne de ce circuit représenté par la figure 2 :

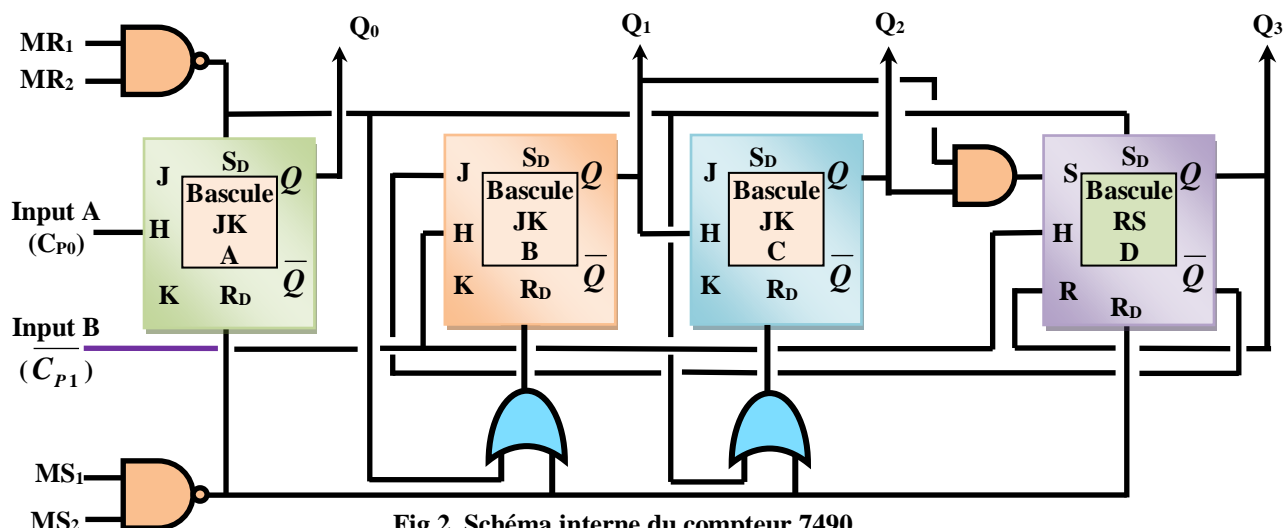


Fig.2. Schéma interne du compteur 7490

Remarque

Les entrées J et K sont à l'état logique 1 une fois que le circuit est alimenté

On remarque sur ce schéma que

- la première bascule n'est pas connectée intérieurement aux trois autres bascules, on peut donc modifier la capacité initiale sans toutefois la dépassée.
- La remise à zéro s'effectue par application du niveau logique 1 sur **MR₁**, et **MR₂**.
- La remise à neuf s'effectue par application du niveau logique 1 sur **MS₁**, et **MS₂**.

Ce circuit intégré 7490 comporte deux sections :

- * une section **diviseur par 2**
- * une section **diviseur par 5**.

Il est possible soit de les utiliser séparément, soit de les réunir ensemble pour obtenir un compteur **BCD modulo 10** ou bien d'un **diviseur par 10**.

La première section **diviseur par 2** est constituée par la première bascule **JK** dont l'entrée d'horloge est notée «**INPUT A**» et la sortie «**Q₀**». Les entrées **J** et **K** non câblées sur le schéma sont toutes rattachées au niveau logique **H**.

La deuxième section comporte les trois bascules **JK** suivantes. L'entrée d'horloge est notée «**INPUT B**» et les trois sorties sont **Q₁**, **Q₂** et **Q₃**. Cette troisième sortie **Q₃** délivre un signal **divisé par 5** par rapport au signal d'horloge appliqué à l'entrée «**INPUT B**».

Ce compteur modulo 5 utilise le code binaire.

Pour obtenir un compteur **modulo 10** en code **BCD**, il suffit de relier la sortie **Q₀** à l'entrée **INPUT B**. La sortie **Q₀** qui divise par deux la fréquence d'horloge commande elle-même la section **diviseur par 5**. Il est donc possible de recueillir un signal en sortie **Q₃** dont la fréquence est le $1/10^{\text{ème}}$ de celle de l'horloge.

La table de vérité ci-dessous permet de préciser le fonctionnement général de ce compteur.

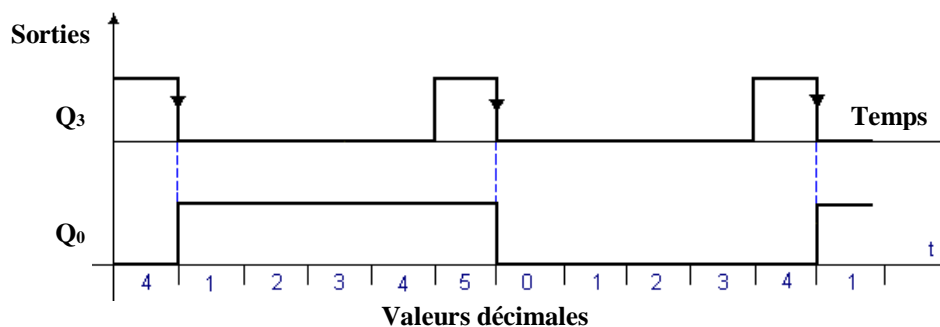
R ₀ (1) MR ₁	R ₀ (2) MR ₂	R ₉ (1) MS ₁	R ₉ (2) MS ₂	Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀
1	1	0	X	0	0	0	0
1	1	X	0	0	0	0	0
X	X	1	1	1	0	0	1
X	0	X	0	Comptage			
0	X	0	X	Comptage			
0	X	X	0	Comptage			
X	0	0	X	Comptage			

Tableau 1 : table de vérité relative au fonctionnement du compteur 7490

Les deux entrées **R₉(1)** et **R₉(2)** permettent de pré positionner le compteur à l'état **9**. Ces entrées sont prioritaires sur les entrées de remise à zéro (**R₀(1)** et **R₀(2)**).

SD est l'entrée de mise à «1» et **RD** est l'entrée de mise à «0».

Il existe une deuxième possibilité de raccorder les deux sections. C'est de relier la sortie **Q₃** à l'entrée «**INPUT A**». Ceci permet de recueillir un signal dont la fréquence vaut toujours le 1/10^{ème} de celle de l'horloge mais cette fois-ci, le signal possède un rapport cyclique égal à 1/2. Ceci apparaît sur le graphe de la figure 3.

Fig.3. Oscillogramme des sorties Q₃ et Q₀ quand Q₃ est raccordée à « INPUT A »

Par contre, avec ce raccordement, les quatre sorties n'utilisent pas le code **BCD**. Le compteur obtenu compte comme suit : **0, 1, 2, 3, 4, 8, 9, A, B, C**.

III. DIVISION PAR 50

La division par 50 est réalisée à l'aide du circuit intégré 7490 qui est un compteur asynchrone BCD.

La division est réalisée au moyen de deux circuits intégrés 7490 comme le montre la figure 4.

Le schéma de câblage de ce diviseur par 50 à l'aide de deux compteurs 7490 est représenté par la figure 4

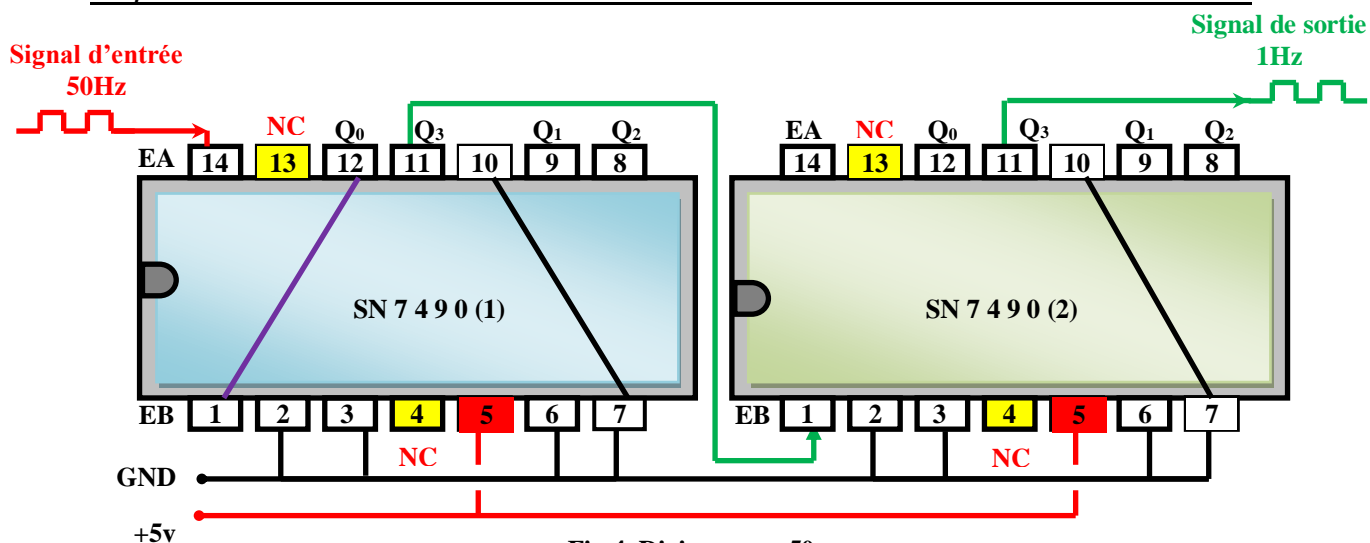


Fig.4. Diviseur par 50

Le premier compteur (1) divise par dix (10), tout en remarquant que la sortie Q₃ de cette bascule est reliée à l'entrée B (EB) du circuit intégré 2.

Par contre le second compteur (2) divise par cinq (5), il est à noter que la liaison entre l'entrée B (EB) et la sortie Q₀ de celui-ci à été déconnectée.

Les diagrammes régissant le fonctionnement de chaque compteur sont donnés par les oscillogrammes suivant.

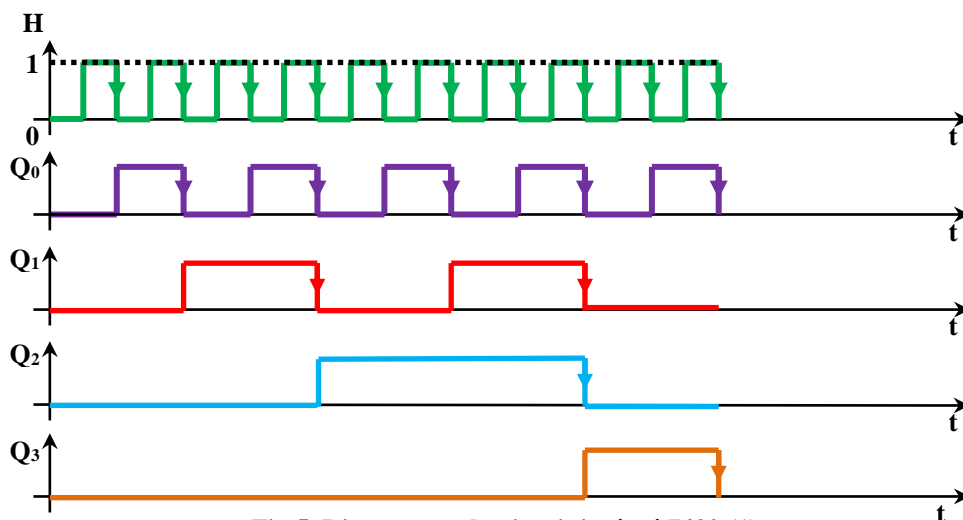


Fig.5. Diagramme du circuit intégré 7490 (1)

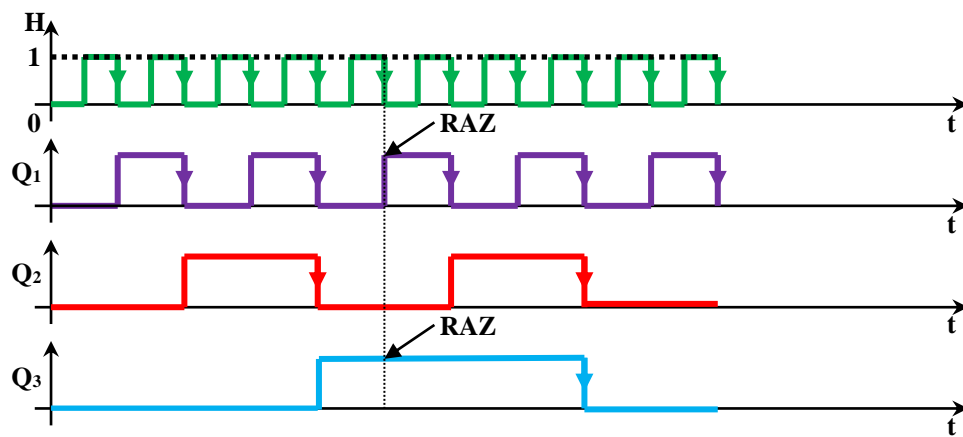


Fig.6. Diagramme du circuit intégré 7490 (2)

Avec

RAZ: Remise à zéro

Le signal obtenu à la sortie du deuxième circuit du diviseur par 50 est un signal de fréquence 1Hz et c'est le signal qui sera utilisé pour le comptage de notre horloge.

COMPTEURS

I. Introduction

Le signal obtenu à la sortie du diviseur par 50, c'est-à-dire le 1Hz du circuit intégré du 7490 (2) broche 11 est utilisé pour le comptage des secondes, des minutes et des heures de notre horloge numérique.

Pour cette horloge numérique, on doit réaliser un comptage par 60 pour les secondes et les minutes et un comptage par 24 pour les heures.

II. Comptage des secondes et des minutes

Une minute est composée de 60s et de même une heure est composée de 60mn. Ce comptage par 60 des secondes et des minutes est réalisée au moyen de deux circuits intégrés SN 7490.

Le schéma de câblage du comptage de 60 est représenté à la figure 1.

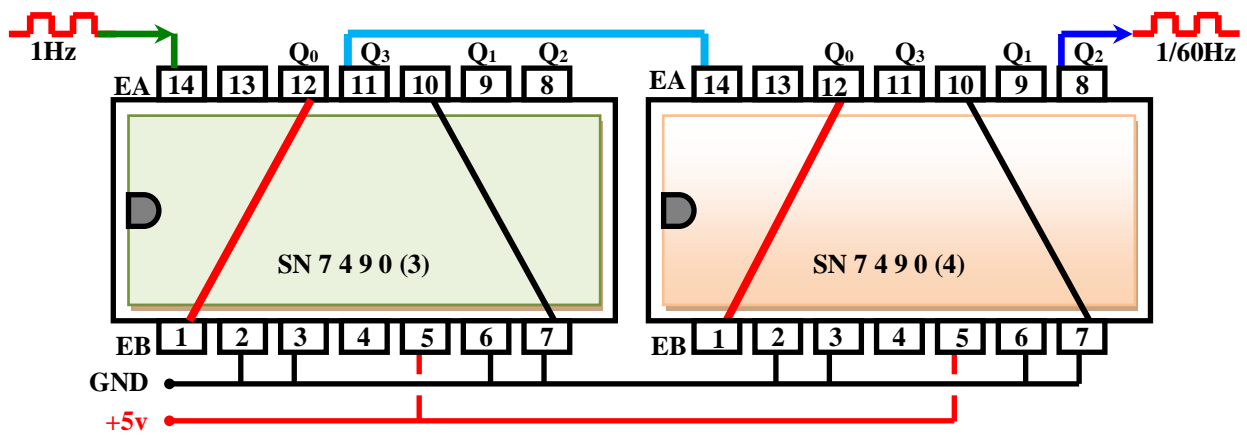


Fig.1. Comptage par 60 (seconde ou minute)

Le premier circuit intégré 7490 (3) compte les unités, par contre le second circuit intégré 7490 (4) compte les dizaines et sa remise à zéro s'effectue lors du passage de la 6^{ième} impulsion.

Le diagramme de fonctionnement des différentes sorties du deuxième circuit (4) est

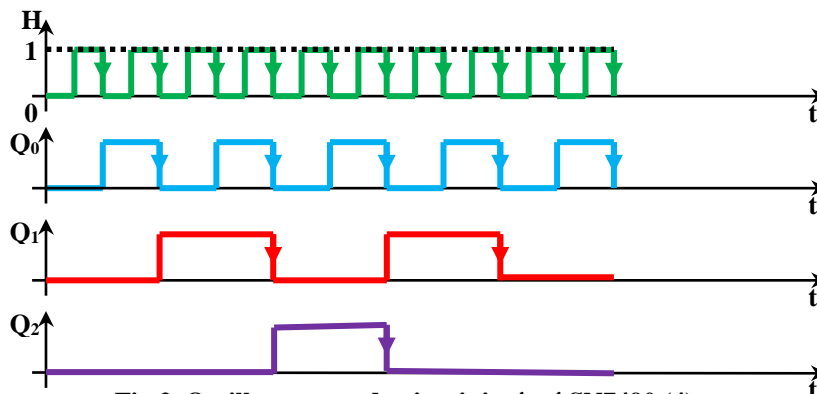


Fig.2. Oscillogramme du circuit intégré SN7490 (4)

III. Comptage des heures

Le comptage des heures, il est identique aux précédents sauf que les remises à zéro sont différentes.

Le schéma de câblage réalisé est représenté par la figure 3.

Signal de la broche 8
du SN 7490 (6)

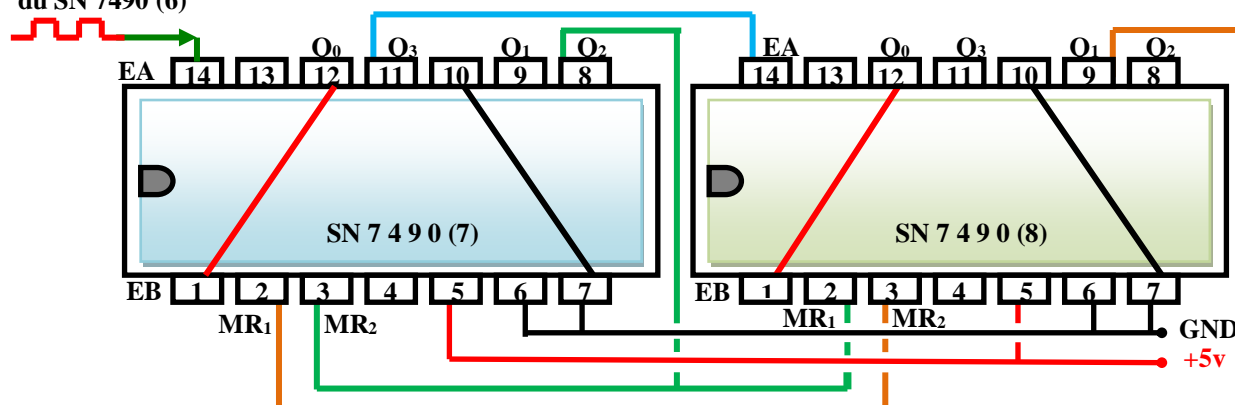


Fig.3. Comptage par 24 (heure)

Ce comptage des heures est fait de telle manière qu'à la 24^{ième} impulsion d'horloge la remise à zéro s'effectue. Pour cela il a été nécessaire de réaliser le câblage de la figure précédente.

Cependant, il est à noter que la remise à zéro du dernier circuit (8^{ième}) est conditionnée par la sortie Q₂ et MR₁ du circuit qui le précède (7^{ième}).

Par contre la remise à zéro du premier circuit (7^{ième}) est conditionnée par la sortie Q₁ et MR₂ du second circuit (8^{ième}).

Le diagramme de fonctionnement de ce diviseur est:

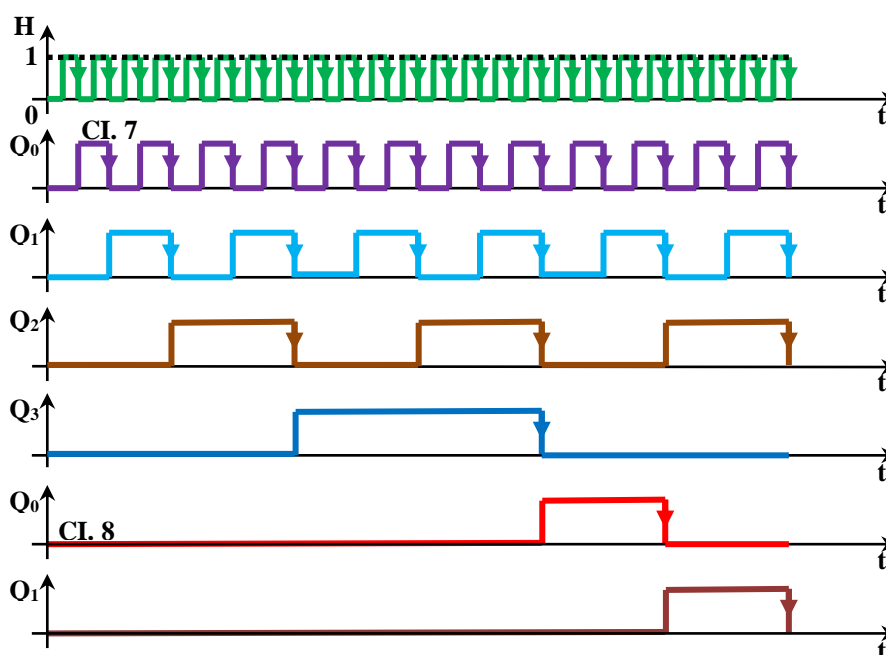


Fig.4. Oscillogramme du comptage par 24 (Heure)

Le schéma de câblage de ces différents compteurs pour réaliser notre comptage est donné par la figure 5.

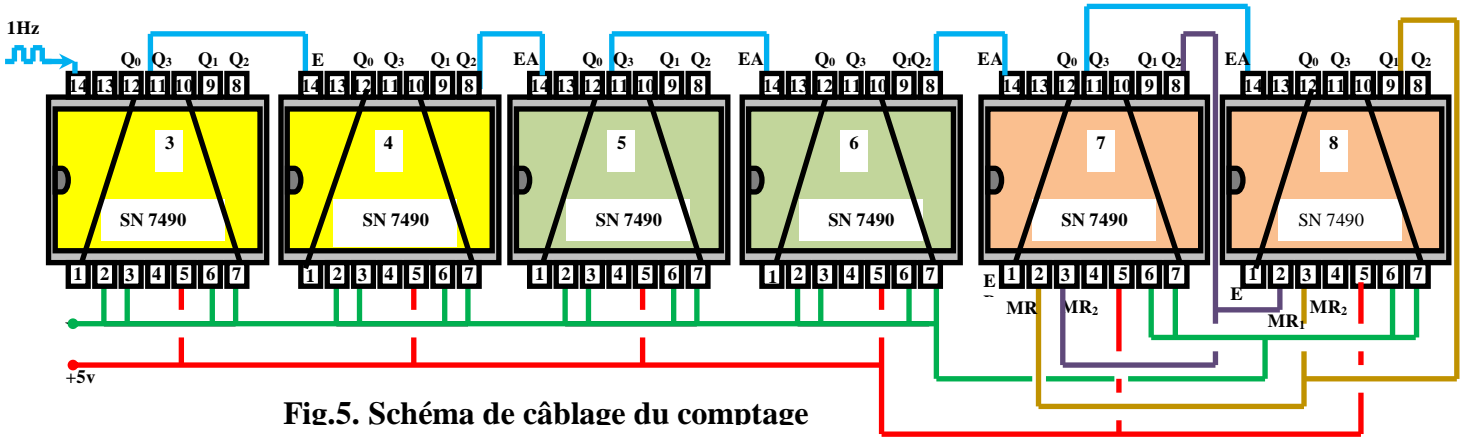


Fig.5. Schéma de câblage du comptage

DECODEURS

I. Introduction

Pour traduire ces informations binaires issues des circuits opérationnels et pour être lu par le lecteur (lecture des heures, des minutes et des secondes) une conversion est nécessaire en signal électrique.

Un décodeur n'est rien d'autre qu'un circuit logique combinatoire principalement utilisé pour convertir un BCD en un nombre décimal équivalent.

Pour notre étude nous avons utilisé des décodeurs **BCD 7 segments** afin de pouvoir afficher tous les nombres à savoir de 0 à 59 pour les secondes et les minutes et de 0 à 23 pour les heures.

Les décodeurs utilisés dans notre réalisation sont les circuits intégrés «**SN 7447**».

II. Présentation du circuit intégré SN 7447

Le circuit intégré **7447** fait partie de la série des circuits intégrés 7400 utilisant la technologie TTL. Ce circuit est un décodeur BCD à 7 segments avec une sortie à collecteur ouvert d'une protection de 15V.

Le **Affichage à sept segments** est le plus souvent utilisé comme affichage numérique dans les calculatrices, les compteurs numériques, les horloges numériques, les instruments de mesure, etc.

Habituellement, les affichages tels que les LED et les LCD sont utilisés pour afficher les caractères ainsi que les nombres numériques.

Mais, un affichage à sept segments est utilisé pour afficher à la fois les chiffres et les caractères.

Pour cela, un décodeur d'affichage peut être utilisé pour convertir le code BCD en code à sept segments.

Généralement, il a quatre lignes d'entrée ainsi que sept lignes de sortie. C'est un décodeur BCD 7 segments présentant quatre entrées (A, B, C, D) et sept sorties (a, b, c, d, e, f, g).

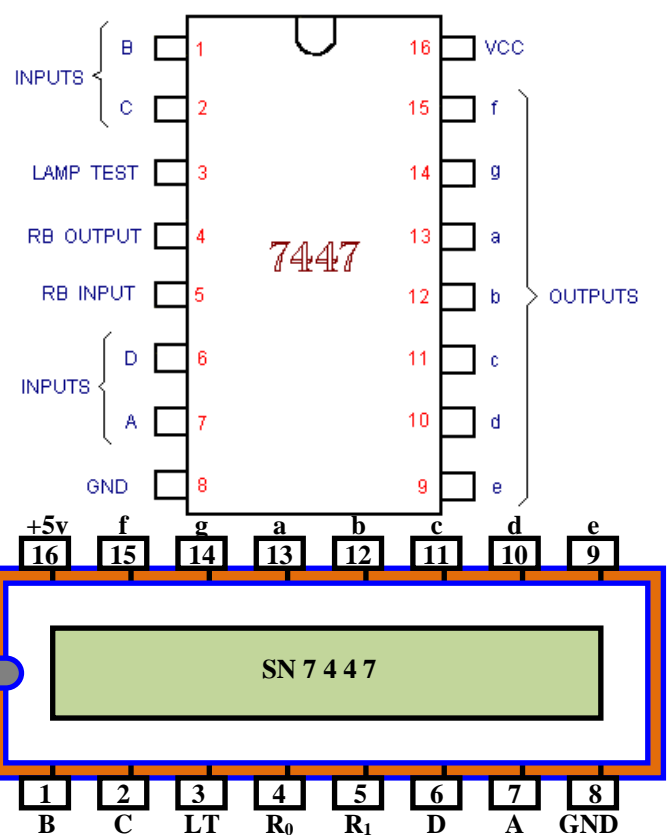


Fig.1. Brochage du SN 7447

Avec:

A, B, C, D: Entrées pour les quatre bits du code DCB.

LT: Lampe test, entrée pour contrôler le fonctionnement des segments de l'afficheur.

R₀, R₁: Entrée pour bloquer la visualisation sur l'afficheur du chiffre zéro.

A b, c, d, e, f, g: Sorties 7 segments.

Remarque

Ce décodeur dispose de sorties à collecteurs ouverts autorisant une liaison directe avec des afficheurs à anode commune.

Des entrées supplémentaires sont aussi prévues (Annotations en Anglais):

- **LT** ou «**lamp test**» qui permet de vérifier le fonctionnement de l'afficheur en allumant tous les segments si **BI** est à l'état **1**.
- **BI / RBO** ou «**blanking output**» qui permet l'effacement des segments de l'afficheur quelque soit l'état des autres entrées.
- **RBI** ou «**ripple blanking input**» qui permet l'effacement des **0** à gauche si **A**, **B**, **C**, **D** sont à **0**.

Le schéma interne du circuit intégré 7447 est donné par la figure 2.

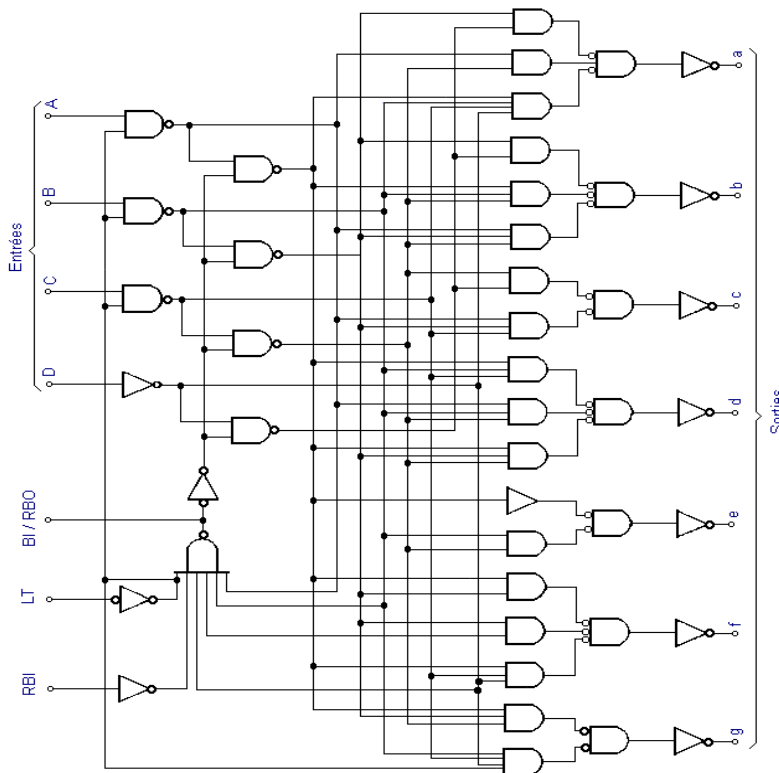


Fig.2. Logigramme d'un décodeur de type 7447

La table de vérité du décodeur **7447** est donnée par le tableau 1 ci-dessous :

Chiffres (Affichage)	Entrées du décodeur BCD			
	D (Q_3)	C (Q_2)	B (Q_1)	A (Q_0)
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

Tableau 1: table de vérité Décodeur BCD 7447

Avec :

A, B, C, D: Entrées pour les quatre bits du code DCB.

Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 : Sorties du compteur 7490.

III. Types d'afficheurs pour SN 7447

Le décodeur SN 7447 a un type d'afficheur particulier qui fonctionne qu'avec de afficheurs sept segments à anode commune, par contre on a un autre décodeur SN 7448 qui fonctionne qu'avec les afficheurs à cathode commune.

Donc pour notre réalisation et pour les décodeurs choisis SN 7447, on a pris des afficheurs à anode commune LTS-5301 AP représentés dans la figure 3 suivante :

toutes les anodes de l'afficheur 7 segment sont reliées et connectées au +Vcc.

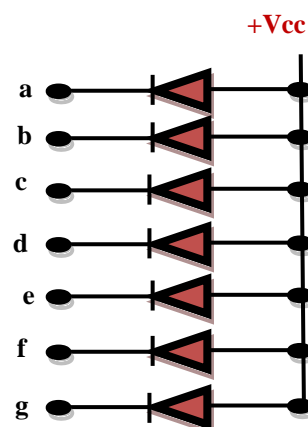


Fig.3. Structure d'un afficheur 7 segments à anode commune

IV. Fonctionnement du décodeur SN 7447 avec un afficheur 7 segments :

Les sorties de commande des compteurs sont reliées aux entrées **A, B, C, D** des décodeurs BCD 7 segments.

Le décodeur SN 7447 sert à décoder les valeurs binaires reçu par le compteur SN 7490 en nombre décimal. Pour afficher ces nombres on a besoin d'un afficheur 7 segments à **anode commune**.

. Ce décodeur comportent chacun sept sorties (a, b, c, d, e, f, g) destinées à alimenter directement les segments des afficheurs à **anode commune** par l'intermédiaire de résistances de limitation de courant.

La figure 4 montre la disposition et la désignation de chaque segments (a, b, ...f, g).et le point **dp** indiquant la virgule en décimal.

Avec :

- la broche 1 de l'afficheur qui correspond au dp.
- Les broches 3 et 8 sont conçues pour être connectées à l'alimentation.
- A, b, c, d, e, f, g (13, 12, 11, 10, 9, 15, 14) : sorties 7 segments.

Les broches de l'afficheur 7 segments se traduisent comme suit :

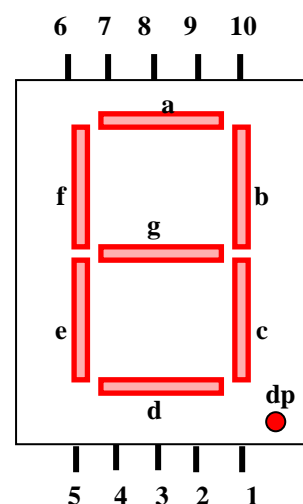


Fig.4. Disposition des segments

Sorties du décodeur SN7447	Sorties du décodeur 7 segments en lettres	Broches de l'afficheur
13	A	9
12	B	10
11	C	2
10	D	4
9	E	5
14	G	6
15	F	7

Tableau 2 : Conversion des sorties 7 segments avec les broches de l'afficheur

La table de vérité du décodeur avec affichage est la suivante :

Chiffre (Affichage)	Entrées du décodeur BCD				Sorties du décodeur BCD							Affichage	
	D (Q_3)	C (Q_2)	B (Q_1)	A (Q_0)	a	b	c	d	e	f	g		
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	2
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	3
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	4
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	5
6	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	6
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	9

Tableau 3: table de vérité Décodeur BCD 7447 avec 7 segment)

Avec :

- Niveau 0: absence du signal de commande.
- Niveau 1: présence du signal de commande.

AFFICHEURS

I. Introduction

Pour pouvoir connaître le résultat du comptage et de visualiser les sept sorties du circuit décodeur, il est nécessaire d'utiliser un composant appelé «**afficheur 7 Segments**».

Les afficheurs à DEL sont obtenus par association dans un même boîtier, d'un certain nombre de segments DEL permettant la représentation de chiffres ou de lettres.

Il est constitué de sept segments repérés par les lettres **a, b, c, d, e, f, g**.

Ce type d'afficheur se présente sous la forme suivante de la figure 1.

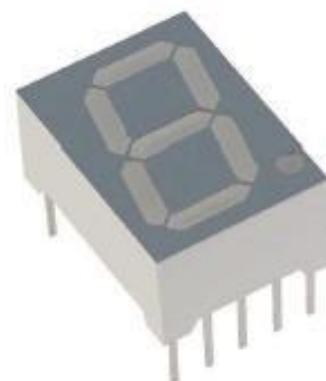


Fig.1. Afficheur et la disposition des LEDs

II. Afficheur utilisé

Puisqu'on a travaillé avec les décodeurs SN7447, on a utilisé des afficheurs à anode commune les **5301 A P** dont les LEDs sont rouge (on a sur le marché différentes couleurs des LEDs des afficheurs, mais les utilisés se sont les afficheurs à LEDs rouge).

III. Présentation de ce circuit

Pour notre étude, l'afficheur mis à notre disposition est le **5301 A P**. L'afficheur est à anode commune, reliée à V_{CC} .

Comme son nom l'indique, l'afficheur 7 segments possède 7 segments. Mais un segment c'est une portion de l'afficheur, qui est allumée ou éteinte pour réaliser l'affichage.

Cette portion n'est en fait rien d'autre qu'une LED qui au lieu d'être ronde comme d'habitude est plate et encastré dans un boîtier. On dénombre donc 8 portions en comptant le point de l'afficheur.

Chaque segment est constitué par une diode électroluminescente (LED) qui émet de la lumière lorsqu'elle est traversée par un courant d'intensité suffisante.

Pour afficher les différents chiffres il faut allumer certains segments et éteindre les autres. Par exemple pour afficher le chiffre "6", il faut que les segments c, d, e, f et g soient éclairés et que les segments a et b soient éteints.

Les afficheurs à LED sont des afficheurs qui permettent de visualiser un chiffre ou un nombre à l'aide de segments lumineux.

Les sources lumineuses sont internes au composant et permettent l'affichage même en pleine nuit, ce qui n'est pas le cas des afficheurs LCD non rétroéclairés. C'est quasiment toujours ce type d'afficheur qui est utilisé sur les radioréveils quand la couleur des chiffres est verte ou rouge.

Les afficheurs à LED émettent la plupart du temps une lumière rouge ou verte, mais on en trouve aussi qui rayonnent dans le jaune et même dans le bleu, bien qu'ils soient moins répandus à cause de leur prix plus élevé.

Il existe aussi des afficheurs fluorescents émettant une couleur bleue, mais il s'agit d'un type d'affichage de conception totalement différente, à ne pas confondre avec les afficheurs à LED bleues.



Fig.2. Afficheur LTS 5301 AP

Remarque

* L'affichage des chiffres 6 et 9 dépend du circuit de commande, on peut trouver ces chiffres avec ou sans queue : segment A allumé ou éteint pour le chiffre 6 et le segment D allumé ou éteint pour le chiffre 9.

* Une diode électroluminescente fonctionne avec une tension directe de 1,5v à 1,8v, suivant les types il existe des modèles rouges (les plus courants), jaunes et verts.

* Le rendement lumineux de ces dernières est moins grand que celui des LEDs rouges; une LED doit être polarisée dans le sens passant pour s'allumer, une résistance, de limitation en série avec la diode entre décodeur et afficheur, car en général le fonctionnement d'une LED absorbe en moyenne 20mA et crée une chute de tension de 1,6v.

* Des résistances de protection entre afficheur et décodeur sont nécessaires pour limiter la tension (car les diodes ont une tension seuil de l'ordre 1,6v).

* Pour notre utilisation la tension d'alimentation est 5v, l'ordre de cette résistance est compris entre 180Ω et 330Ω.

La figure 3 montre la disposition et la désignation de chaque segments (a, b, ...f, g).et le point DP indiquant la virgule en décimal. (C'est dans la présentation du circuit).

Dans ce qui suit, nous donnons le schéma de câblage entre compteur, décodeur et afficheur.

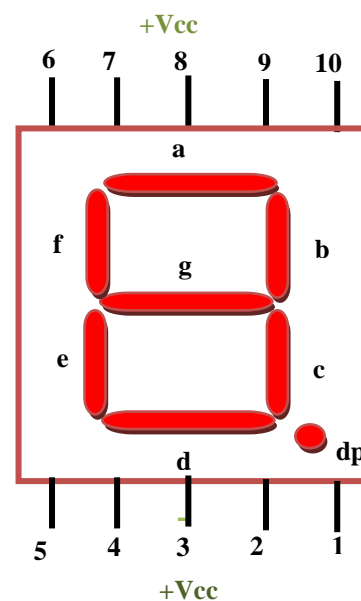


Fig.3. schéma d'un afficheur à 7 segments

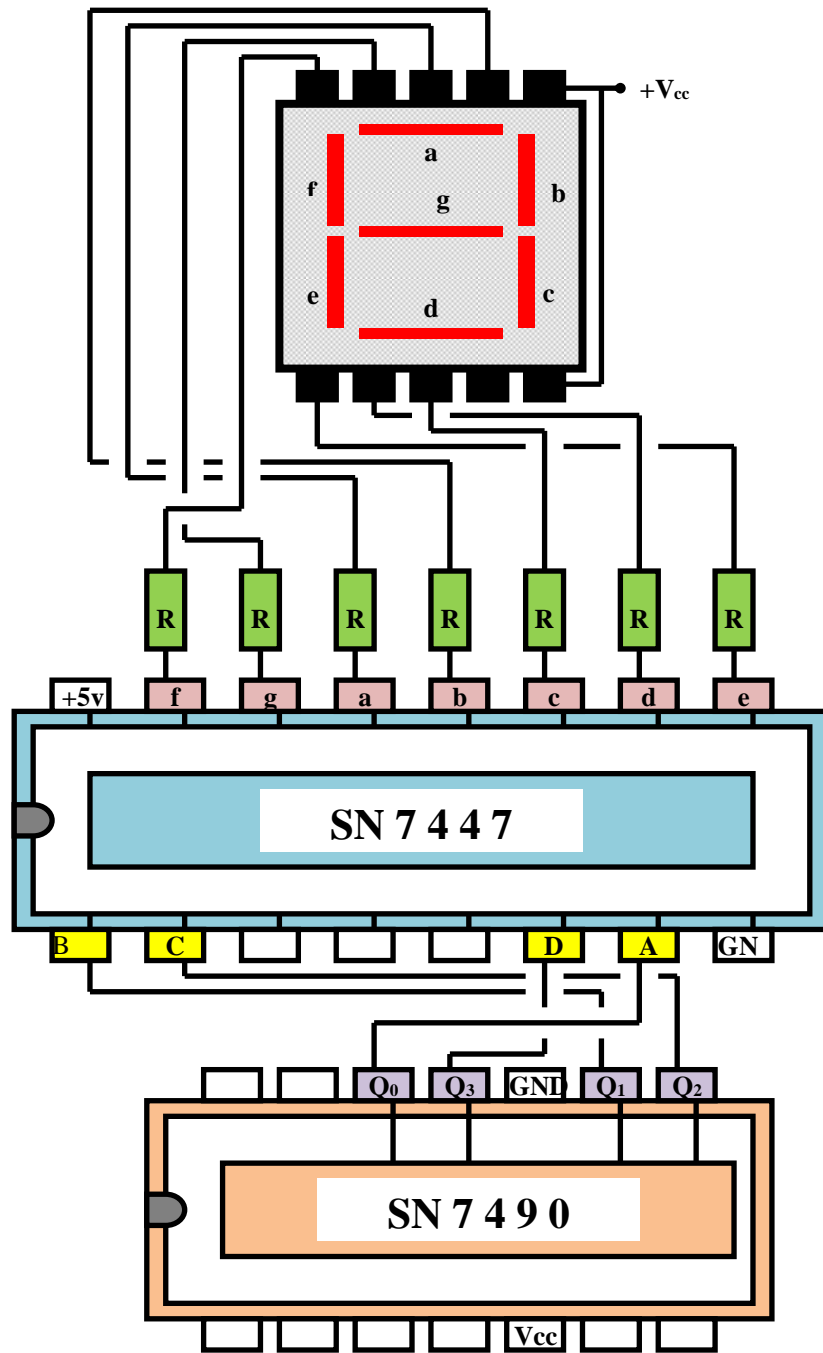


Fig.4. Affichage de l'horloge

Dans ce qui suit, nous donnons les schémas de câblage entre compteur, décodeur et afficheur des secondes, des minutes et des heures.

1. Affichage des secondes

La figure 5 illustre le branchement des signaux issus du compteur vers le décodeur puis vers les circuits d'affichage des unités et dizaines de secondes.

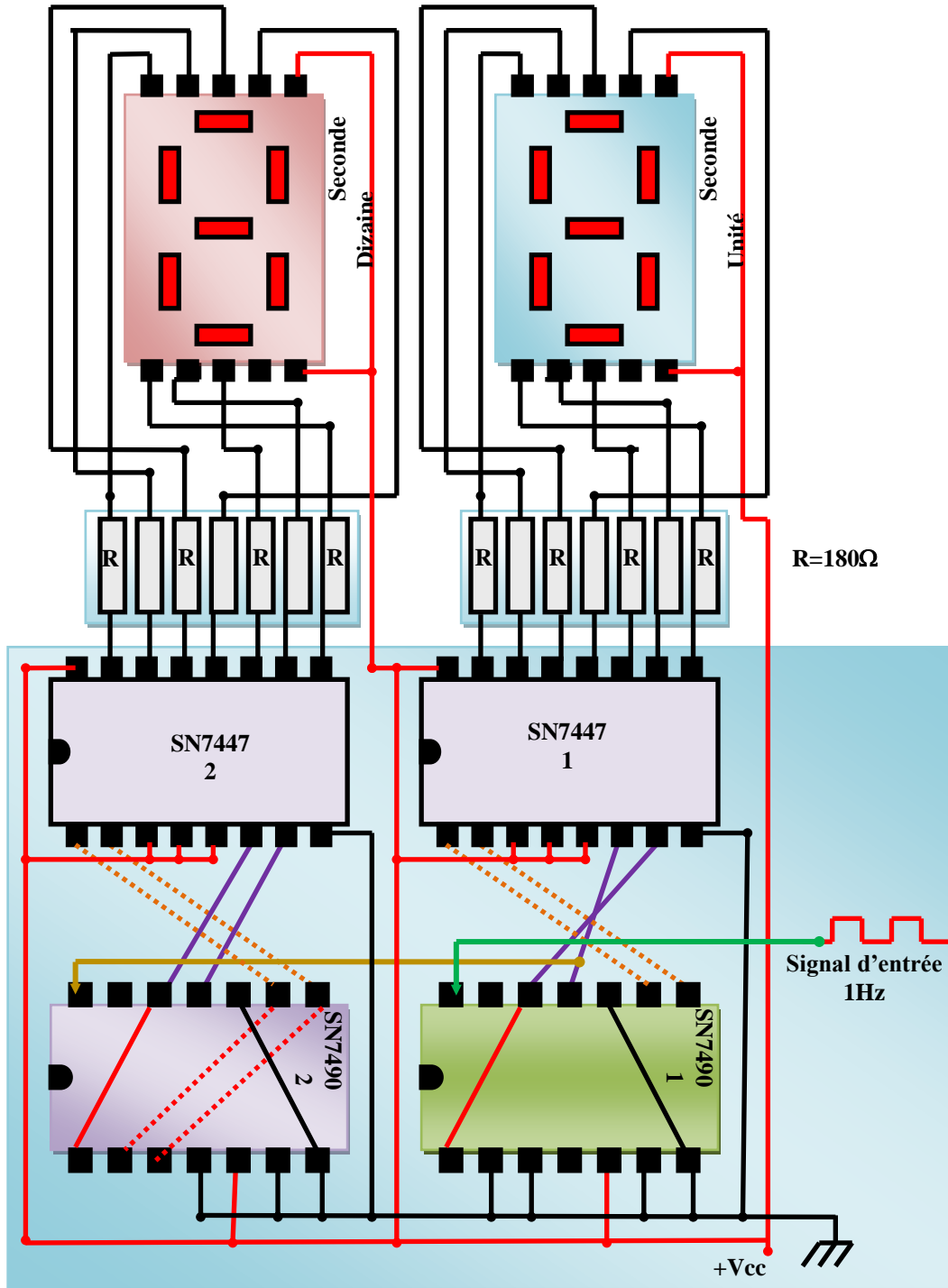


Fig.5. Affichage des secondes (Unités et Dizaines)

2. Affichage des minutes :

La figure 6 illustre le branchement des signaux issus du compteur vers le décodeur puis vers les circuits d'affichage des unités et dizaines de minutes.

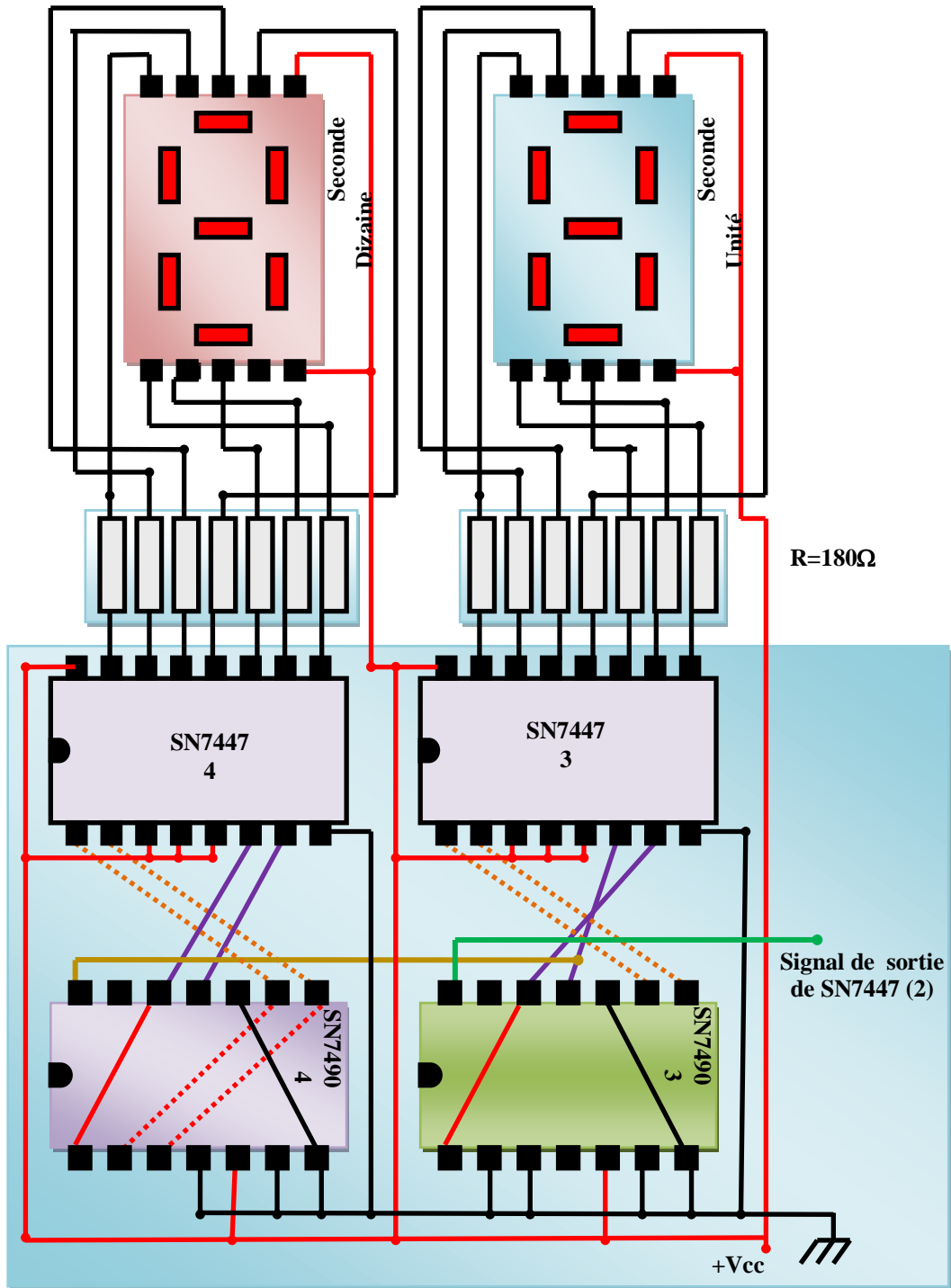


Fig.6. Affichage des minutes (Unités et Dizaines)

3. Affichage des heures :

La figure 7 illustre le branchement des signaux issus du compteur vers le décodeur puis vers les circuits d'affichage des unités et dizaines d'heures.

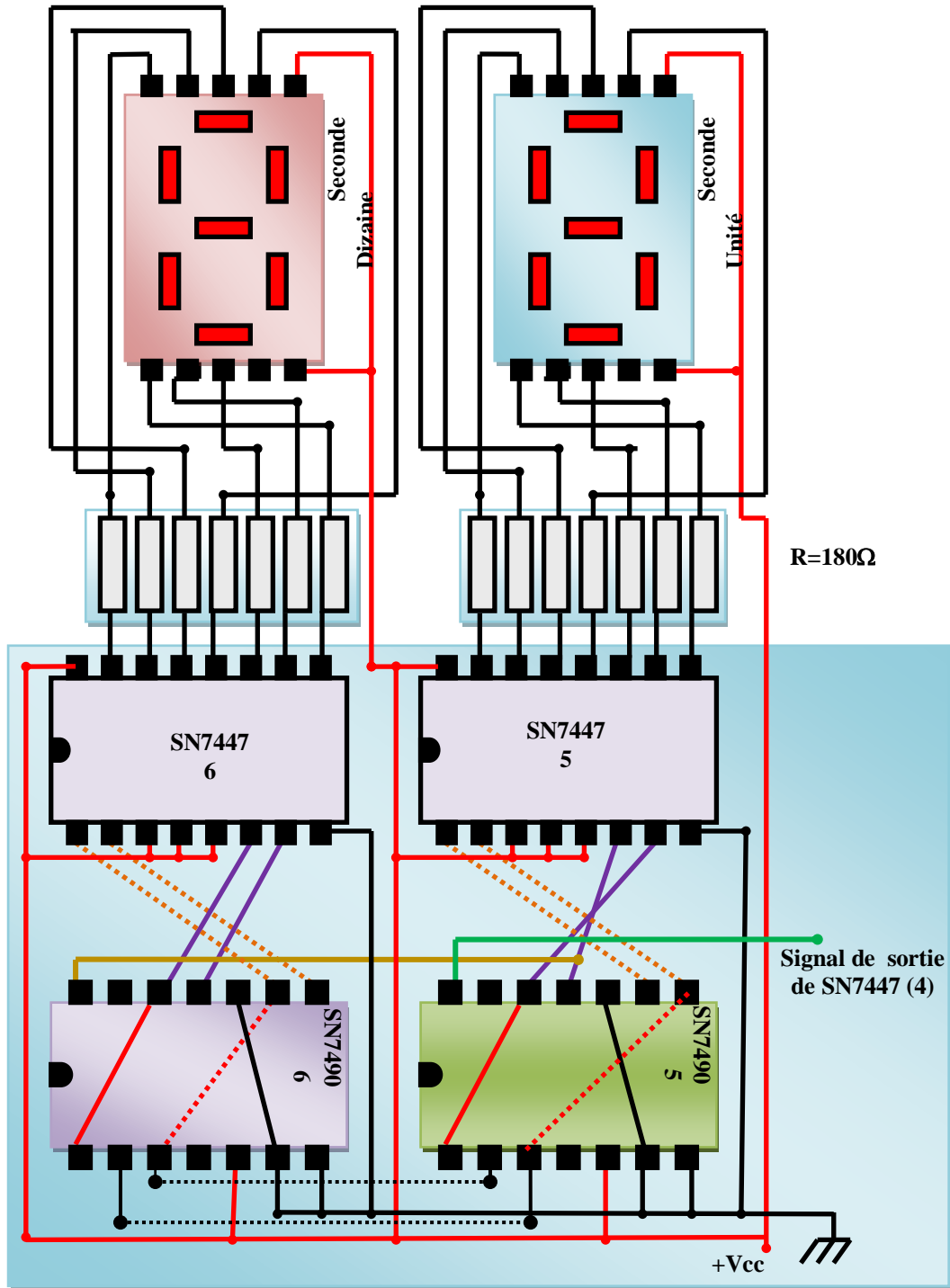


Fig.7. Affichage des heures (Unités et Dizaines)

REMISE A L'HEURE

I. Introduction

Le réglage de l'heure est toujours nécessaire car une coupure du secteur peut intervenir à tout moment, un déplacement de l'horloge d'un endroit vers un autre, etc...

II. Remise à l'heure

Le circuit adopté pour cette remise à l'heure est donné par la figure suivante et ce après avoir testé différents montages.

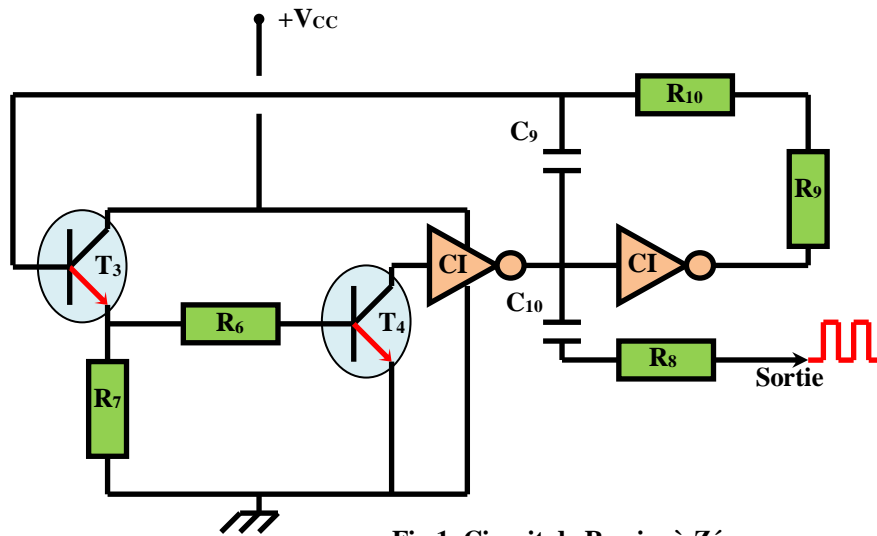


Fig.1. Circuit de Remise à Zéro

Le générateur d'impulsions ainsi réalisé pour la remise à zéro est à base de transistor et de circuit logique ici se sont les portes NAND montées en inverseurs.

Les valeurs des condensateurs et des résistances ont été choisies en fonction de la fréquence que nous voulons avoir en sortie.

Le schéma suivant montre le montage réalisé pour la remise à zéro avec les différents composants.

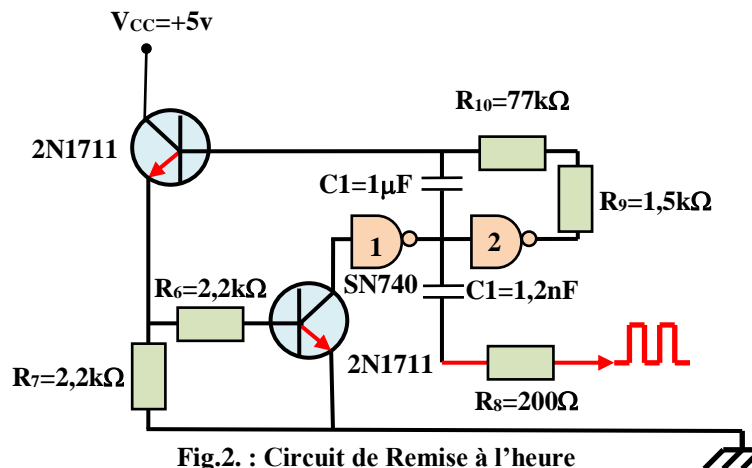


Fig.2. : Circuit de Remise à l'heure Avec les valeurs des composants

III. Réglage de l'Heure

Le schéma adopté pour le réglage de l'horloge est le suivant

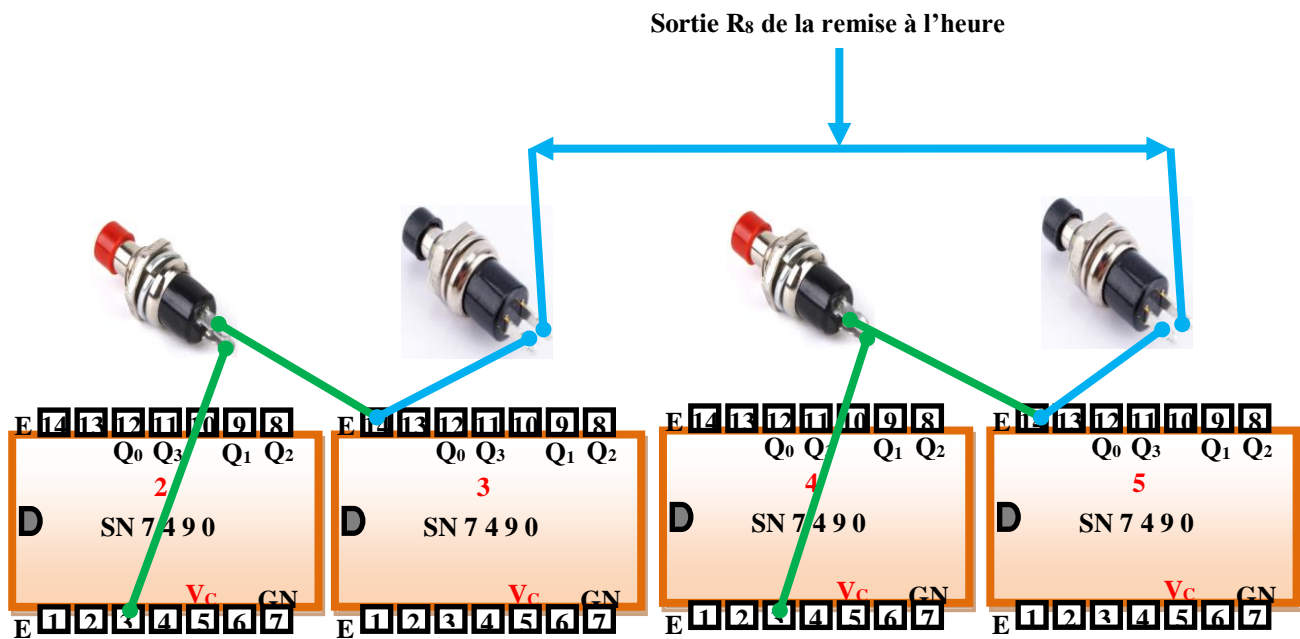


Fig.3. Branchement des boutons poussoirs à la sortie R5 pour la remise à l'heure

Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Cette étude à compléter notre formation tant sur le plan théorique que sur le plan pratique.

La réalisation de ce projet nous a énormément appris des choses, autant au niveau de l'électronique.

La réalisation d'un tel projet, nous a permis d'apprendre et de toucher à divers aspects de la pratique.

Nous avons utilisé, le chemin le plus long et ce uniquement dans le but pédagogique de mieux cerner le phénomène de comptage, de décodage et d'affichage.

L'apport de ce travail a été d'une importance très considérable. En effet, il nous a permis d'apprendre la méthodologie de travail..

Ces opérations existent sous un même circuit appelé «**multiplexage**». Mais, dans ce cas le phénomène est compact et pour faire une approche avec les connaissances théorique déjà acquise aurait été difficile.

La réalisation pratique de cette horloge, nous l'avons présenté en deux parties:

- une partie électrique qui a demandé beaucoup de soins et de patience surtout consacrée à la confection du circuit imprimé, l'implantation des composants. Pour éviter de dessouder les circuits intégrés, nous avons prévu des supports appropriés. La carte d'affichage a présenté beaucoup de problème du fait que les connexions sont assez fines et rapprochées.

- une partie mécanique qui est le boîtier qui nous a posé aussi des problèmes et ce par manque de matériel au sein du laboratoire.

La résolution des problèmes rencontrés nous a donné une confiance et une assurance pour terminer ce mémoire et ce malgré toutes les difficultés rencontrées.

Nous insistons une fois de plus que ce projet nous a été très bénéfique sur tous les plans (théorique, pratique, ...)

Ce travail reste, comme toute œuvre humaine, incomplet et perfectible, nous recommandons d'améliorer la conception, Les améliorations qu'on peut apporter à notre travail sont énormes et peuvent varier selon le type d'application qu'on souhaite apporter à cette horloge.

Maquette réalisée

MAQUETTE REALISEE

1. Horloge numérique didactique

L'horloge numérique didactique qui indique l'heure, les minutes et les secondes réalisée lors de ce projet est représentée par la figure ci-dessous.

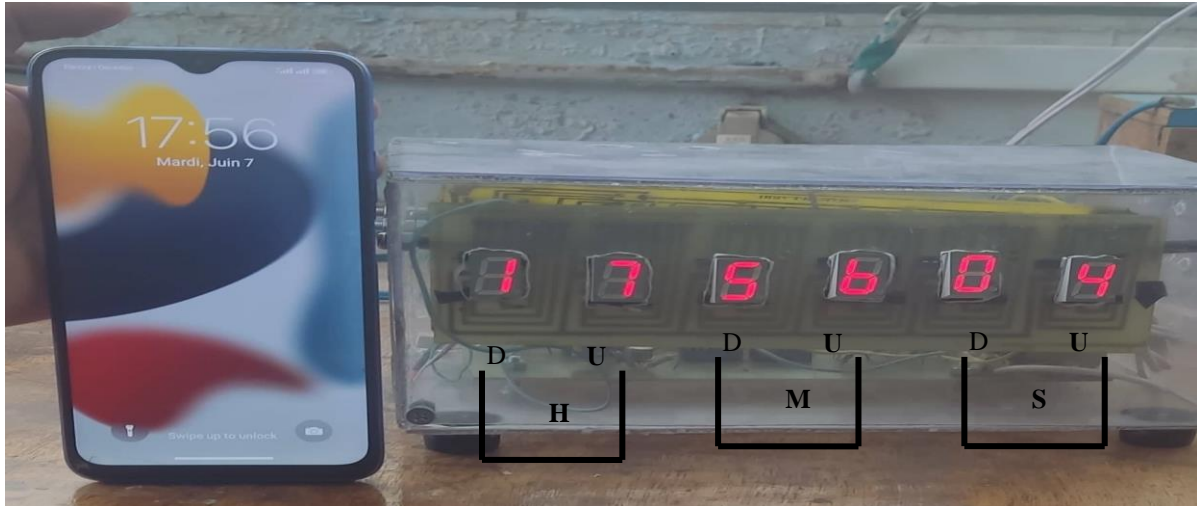


Fig.1. Vue de face de l'horloge numérique

Sur cette maquette, nous avons les 6 afficheurs pour indiqués les heures, les minutes et secondes comme le montre la figure 1.

La vue de dessus, montre d'une manière générale les compteurs et les décodeurs sur leurs supports et aussi les liaisons entre cette carte et celle des afficheurs. Par contre les fils électriques servent à l'alimentation des cartes et aussi à la conduction électrique d'un point à un autre.

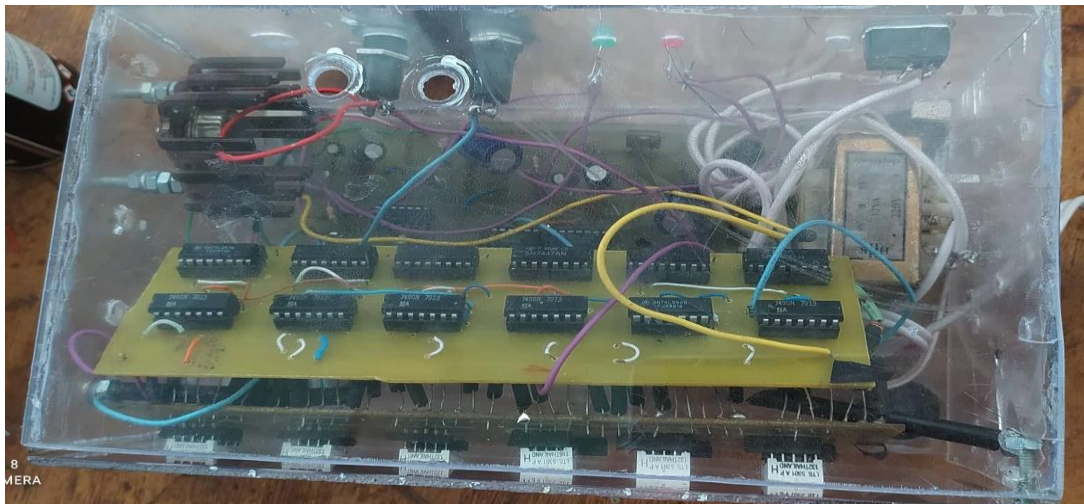


Fig.2. Vue de dessus de l'horloge numérique

La figure ci-dessous montre la vue d'arrière de l'horloge numérique. Nous voyons la carte des utilités, les LEDs témoins de fonctionnement des alimentations, les boutons de réglage de l'horloge et aussi le bouton Marche/Arrêt.

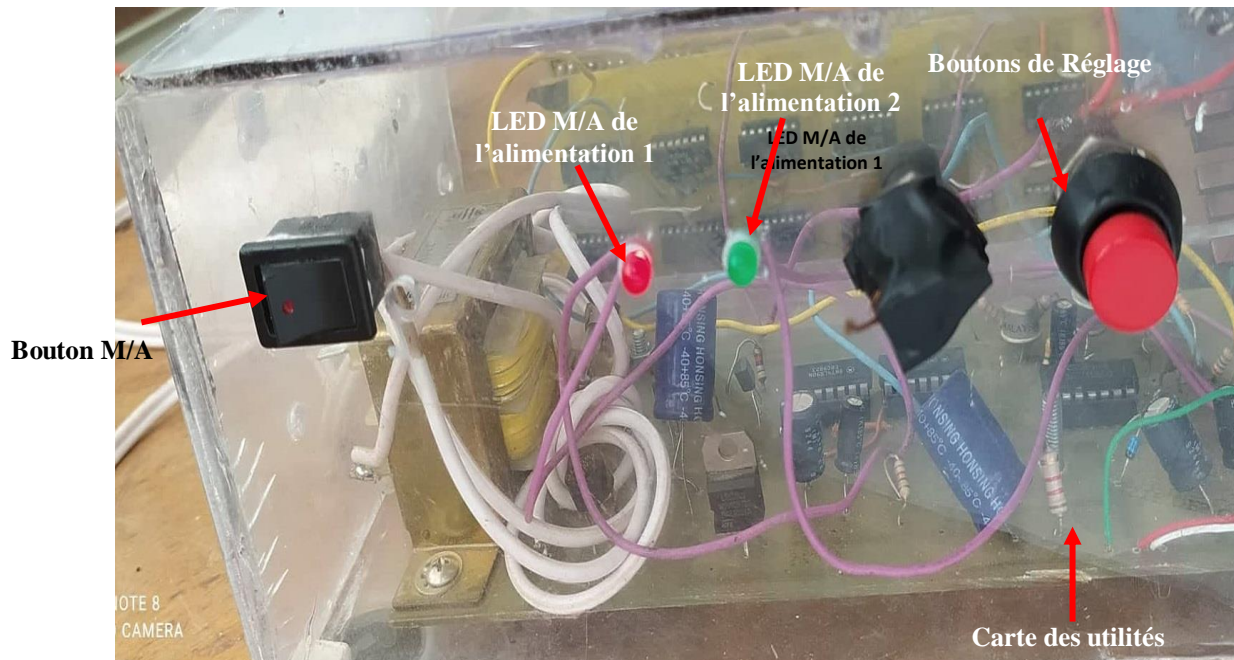


Fig.3. Vue d'arrière de l'horloge numérique

2. Réglage de l'horloge numérique

Pour le réglage de l'horloge numérique il faut 4 boutons poussoirs (BP1, BP2, BP3, BP4) avec BP2, BP4 reliés à la remise à zéro qui leurs inflige des signaux ou bien des pulsations suivies et très rapides pour incrémenter le comptage du compteur voulu.

Une broche du BP1 bronchée au 3 du compteur des dizaines de secondes (2) et l'autre broche du BP1 liée au 14 du compteur des unités de minutes (3).

Une broche du BP2 liée avec la remise à zéro et l'autre broche du BP2 liée au 14 du compteur des unités de minutes (3).

Une broche du BP3 bronchée au 3 du compteur dizaine de minutes (4) et l'autre broche du BP3 liée au 14 du compteur des unités d'heures (5).

Une broche du BP4 bronchée à la remise à zéro et l'autre broche du BP4 liée au 14 du compteur des unités d'heures (5).

La figure ci-dessous montre le schéma global du réglage de l'horloge :

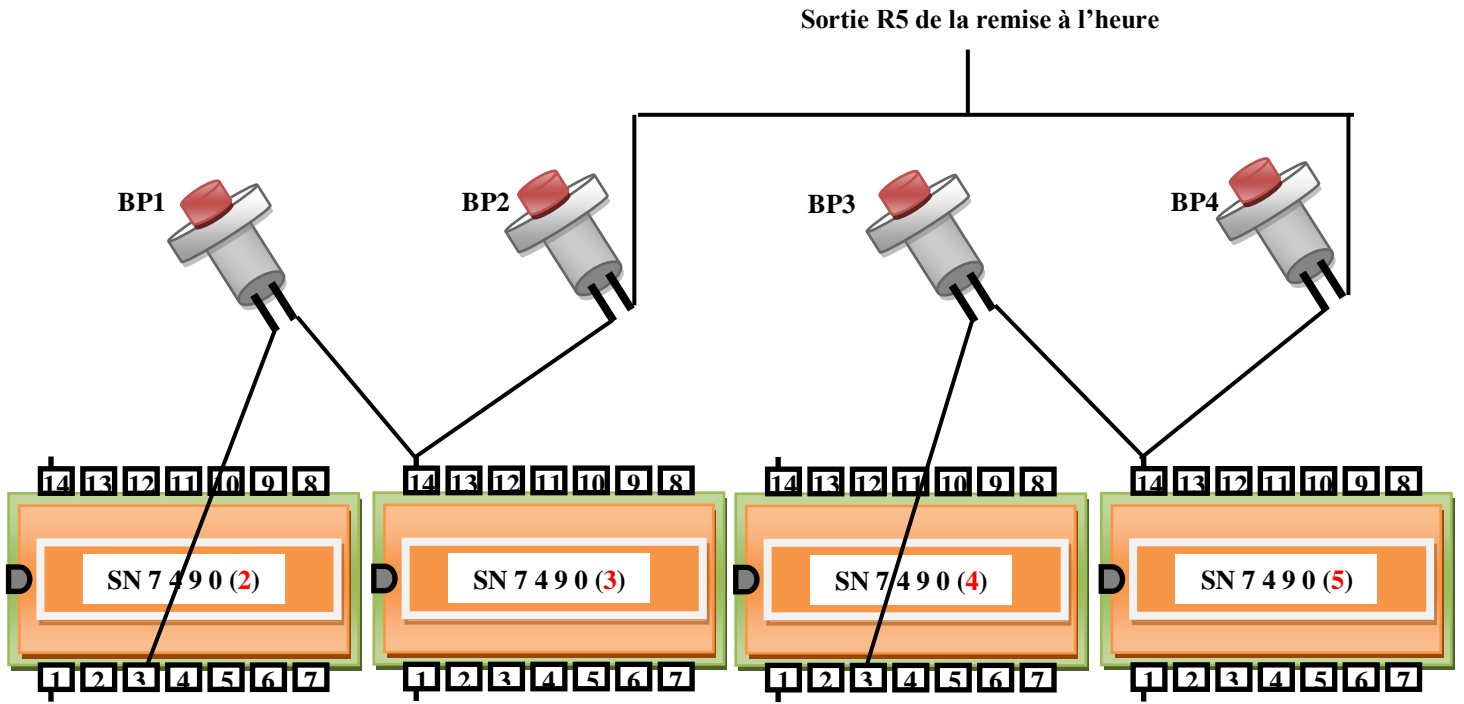


Fig.4. Schéma du réglage de l'heure

Cartes réalisées

CARTES REALISEES

1. Alimentation

1.1. Alimentation régulée

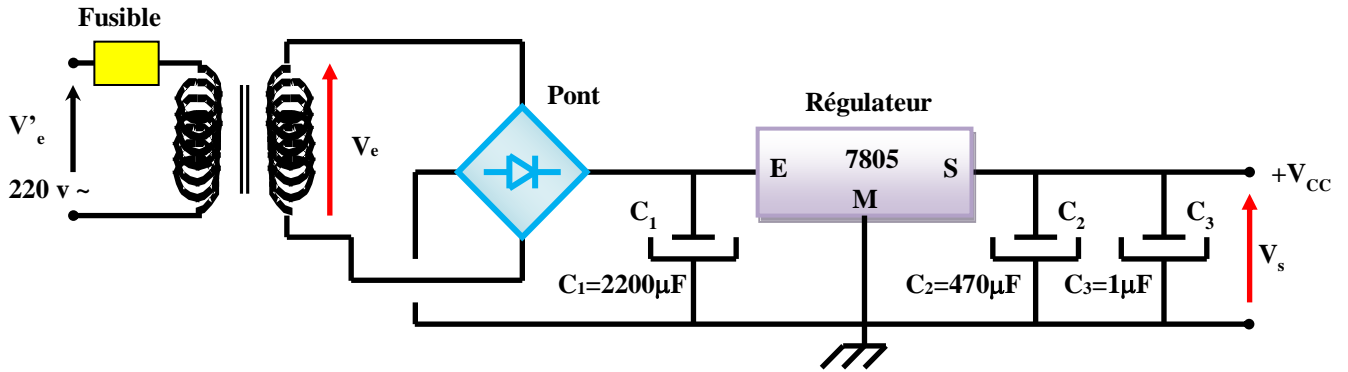


Fig.1. Alimentation régulée

1.2. Alimentation non régulée

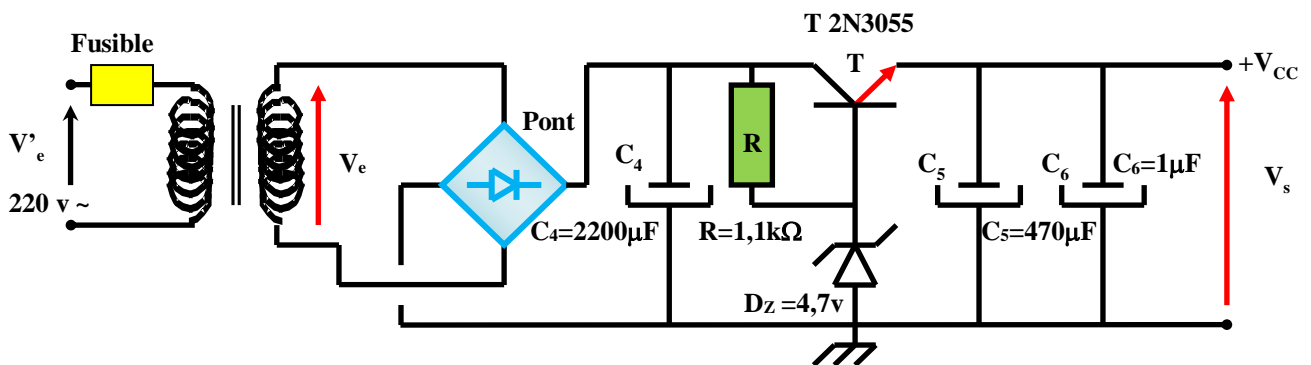


Fig.2. Alimentation stabilisée

2. Mise en forme du signal

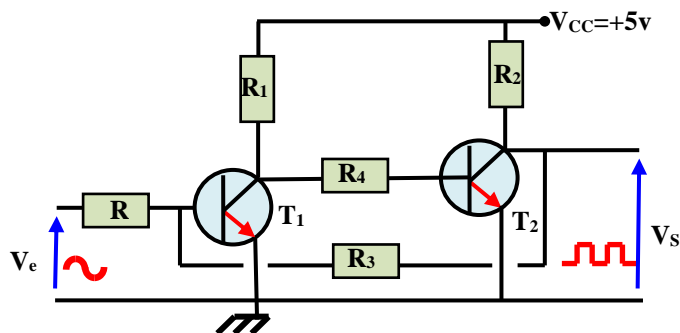


Fig.3. Signal carré

3. Diviseur par 50

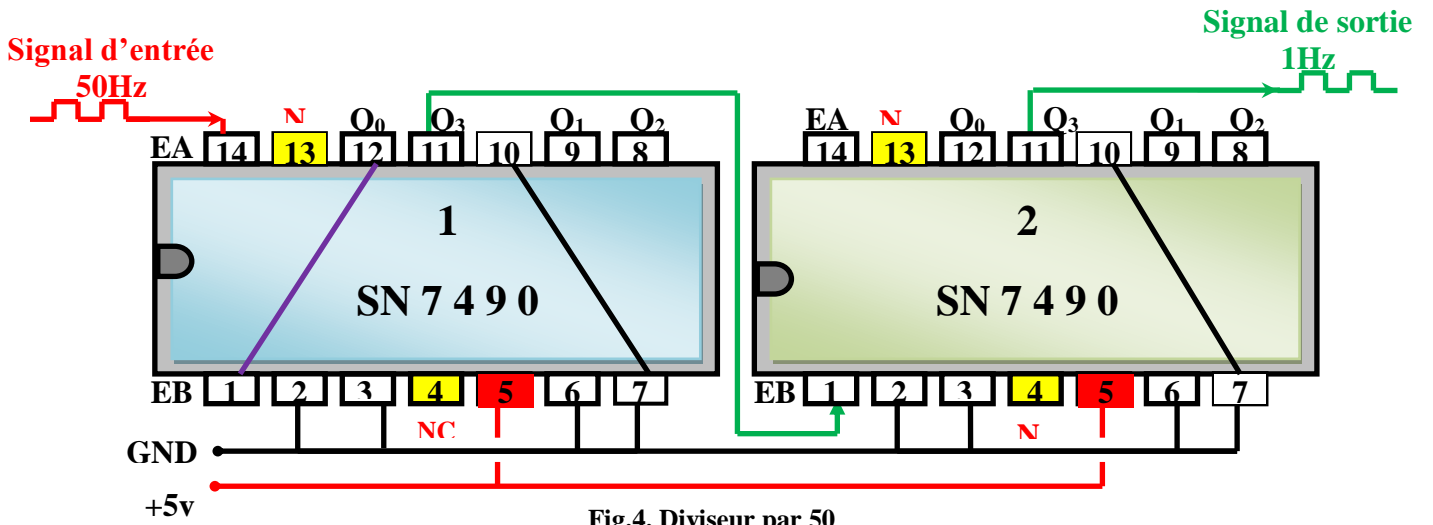


Fig.4. Diviseur par 50

4. Remise à zéro

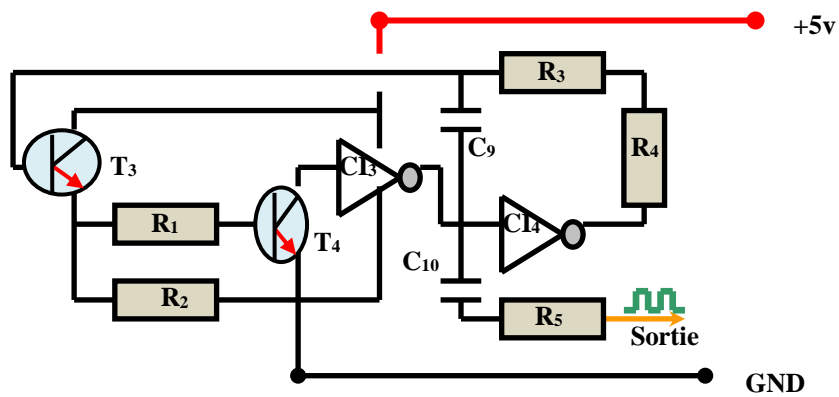


Fig.5. Remise à zéro

5. Schéma de l'affichage

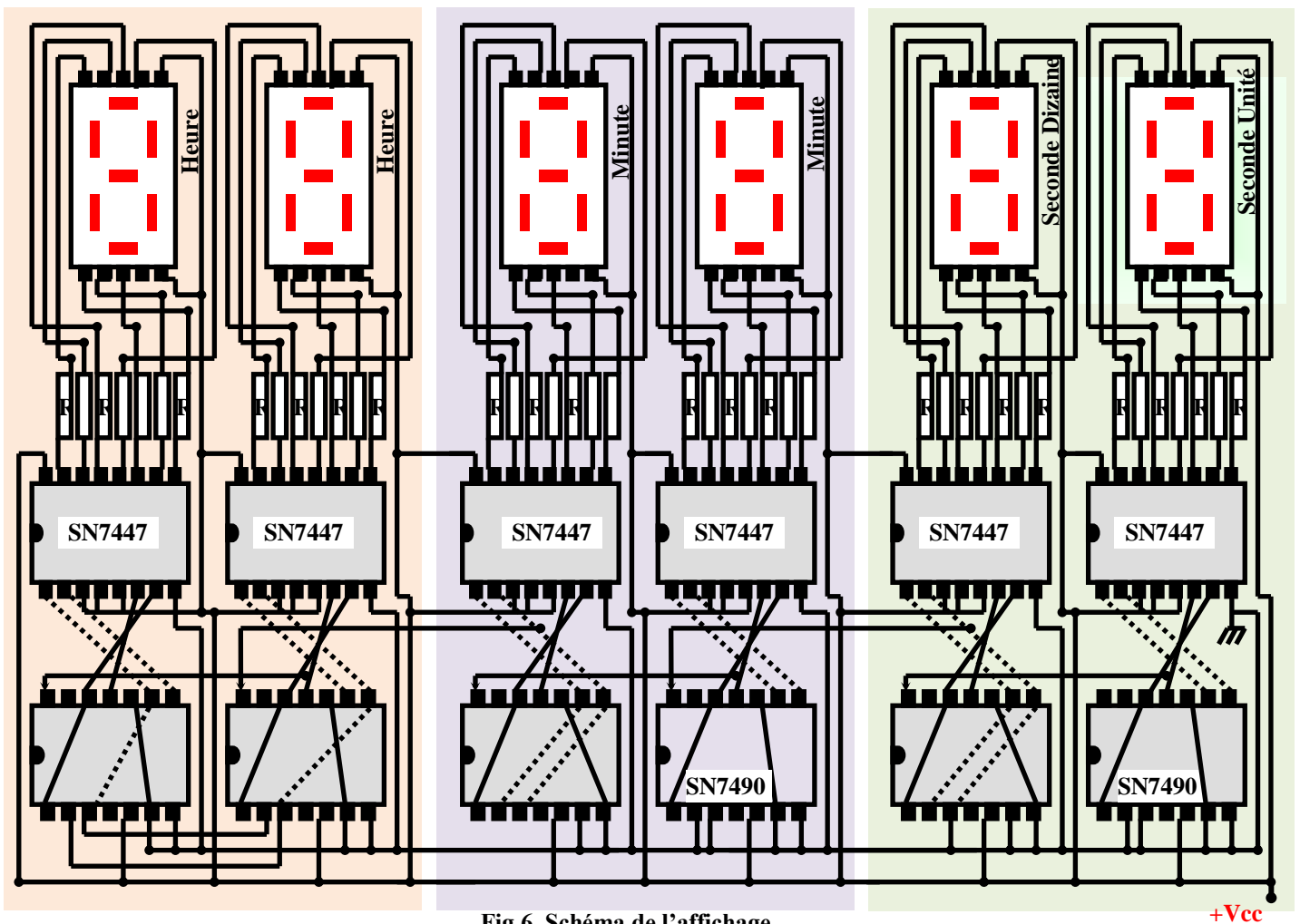


Fig.6. Schéma de l'affichage

+Vcc

Annexes

LISTE DES COMPOSANTS

Carte 1

I. Alimentation Régulée

$$C_1 = 2200\mu F / 25v$$

$$C_2 = 470\mu F / 10v$$

$$C_3 = 1\mu F / 63v$$

Pont de diode **B250**

Régulateur **7805CV**

Transformateur **220v / 12v(600mA)**

II. Alimentation non Régulée

$$C_4 = 2200\mu F / 25v$$

$$C_5 = 470\mu F / 10v$$

$$C_6 = 1\mu F / 63v$$

$$R' = 1,1k\Omega$$

Transistor T **2N3055**

Diode Zener **BZY88C4v7**

III. Générateur du signal de commande

$$C_7 = 100nF$$

$$C_8 = 1,2nF$$

$$R = 1,1k\Omega$$

Une diode **1N4007**

IV. Mise en forme du signal

Transistors T₁ et T₂ **2N2222**

$$R_{B1} = R_{B2} = 10k\Omega$$

$$R_{C1} = R_{C2} = 4,7k\Omega$$

V. Diviseur par 50

2 Circuits Intégrés: **SN7490**

VI. Remise à l'heure

1 Circuit Intégré : **SN7400**

Transistors T₃ et T₄ **2N2222**

$$R_1 = R_2 = 2,2k\Omega$$

$$C_9 = 1\mu F / 63v$$

$$C_{10} = 1,2nF$$

$$R_3 = 77k\Omega$$

$$R_4 = 1,5k\Omega$$

$$R_5 = 200\Omega$$

CARTE 2

VII. Comptage, Décodage et Affichage

6 Circuits Intégrés **SN7490**

6 Circuits Intégrés **SN7447**

6 Afficheurs **LTS 5301 A P**

42 Résistances $R = 220\Omega$

Divers

28 Straps pour la partie comptage

4 Straps pour la partie alimentation

2 LEDs (vert et rouge) Marche/arrêt

1 Boîtier en plexi

2 boutons poussoirs pour le réglage

1 Interrupteur (Marche/Arrêt)

CIRCUITS INTEGRES

1. Régulateur 7805

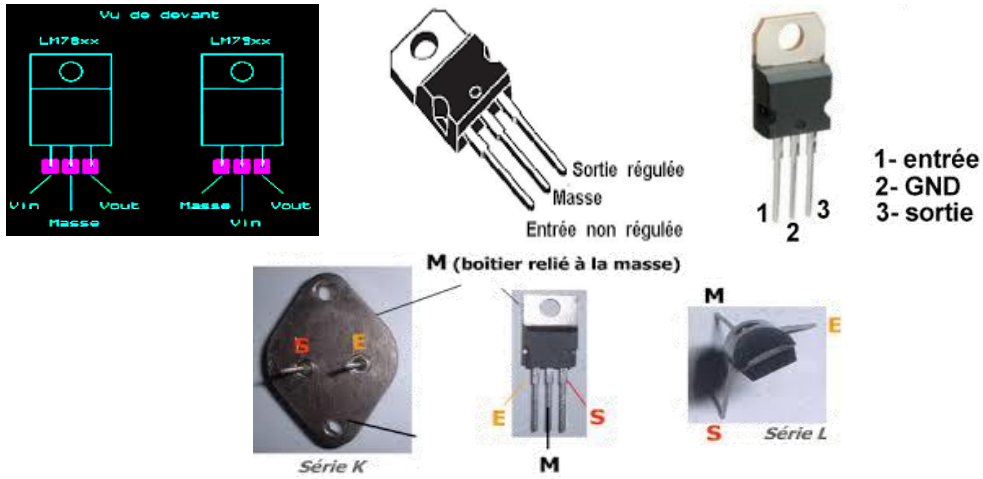


Fig.1. Brochage du Régulateur

2. Transistor

2.1. Transistor 2N3055

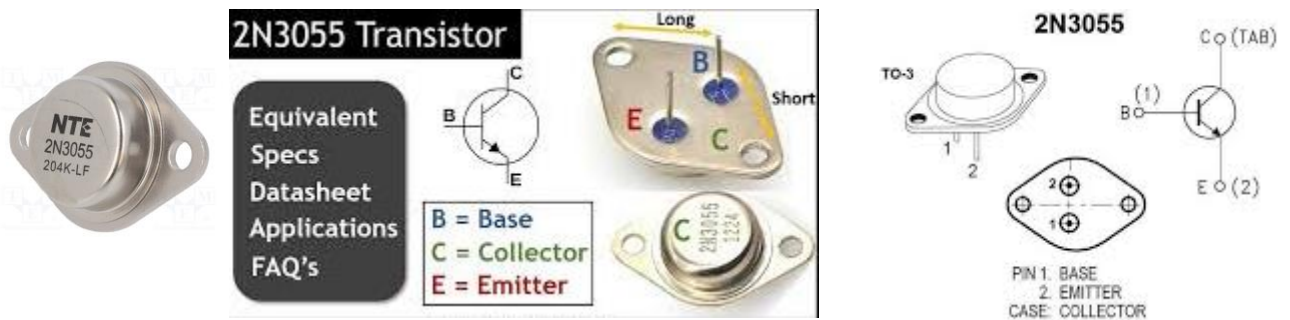


Fig.2. Brochage du Transistor 2N3055

2.2. Transistor 2N2222

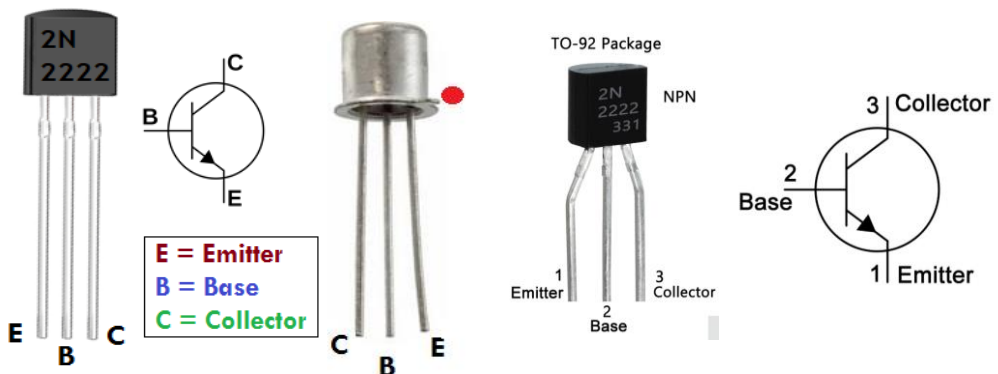


Fig.3. Brochage du transistor 2N2222

3. Circuit Intégré

3.1. Circuit Intégré SN7400 (4 portes NAND à 2 entrées)

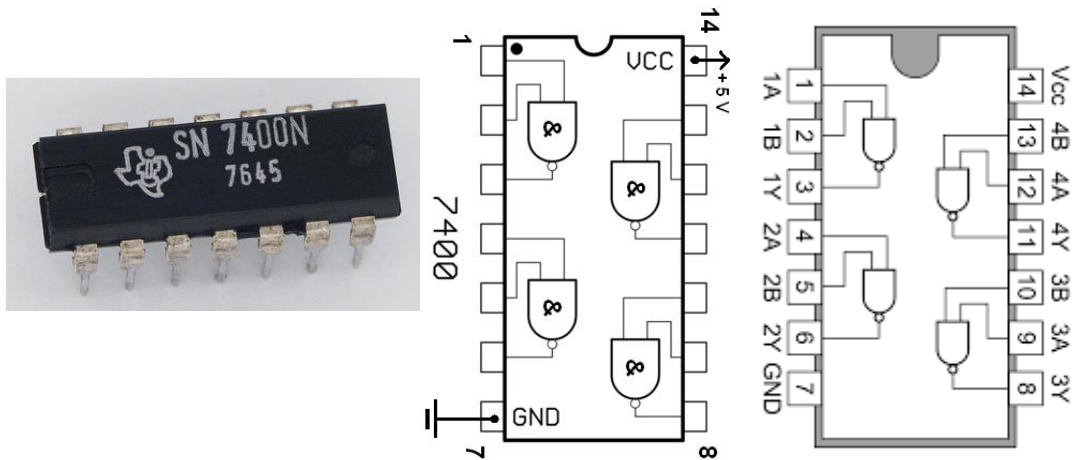


Fig.4. Brochage du Circuit Intégré SN7400

3.2. Circuit Intégré SN7490 (Compteur BCD)

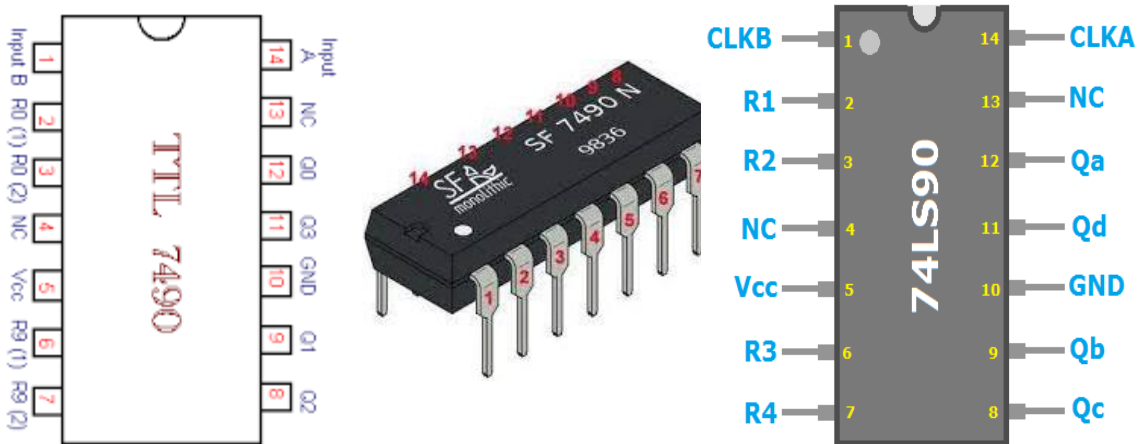


Fig.5. Brochage du Circuit Intégré SN7490

3.3. Circuit Intégré SN7447 (Décodeur BCD vers 7 segments)

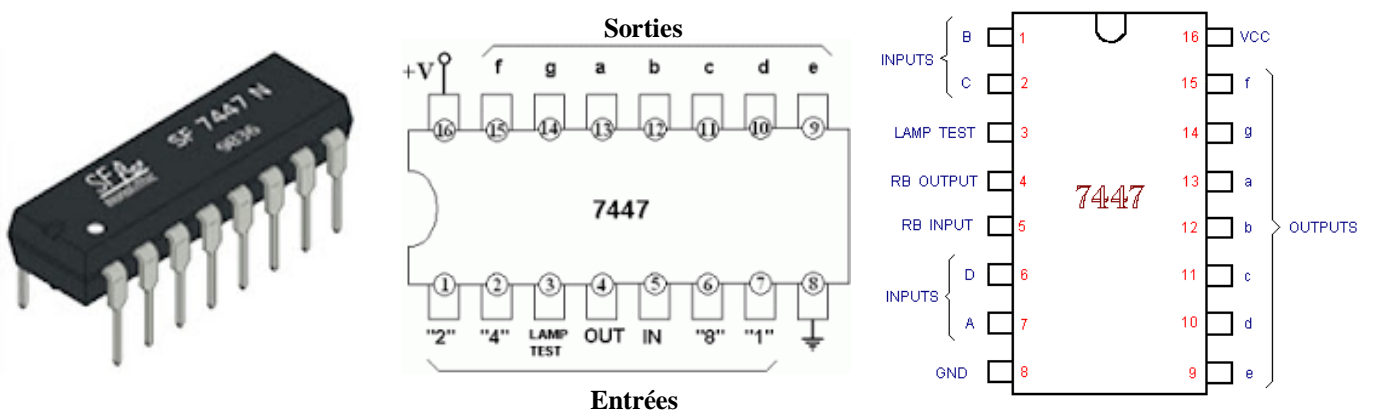


Fig.6. Brochage du Circuit Intégré 7447

4. Afficheurs 7 segments (LTS 5301 A P)

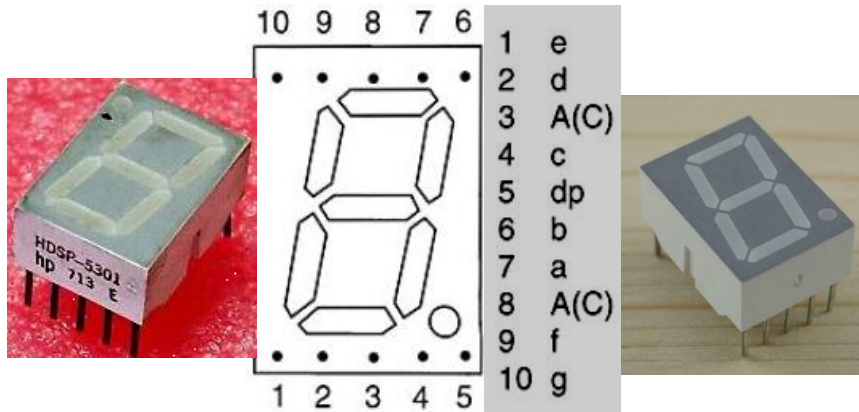


Fig.7. Brochage de l'afficheur 7 segments

5. Diode Zener (BZY88C4v7)

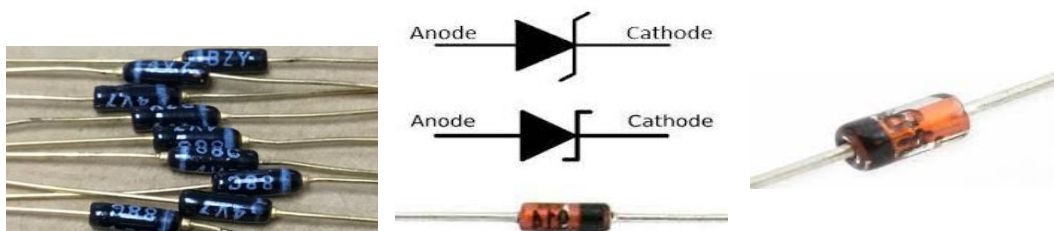


Fig.8. Brochage de la diode Zener BZY88C4v7

CIRCUITS IMPRIMÉS

1. Circuit imprimé des utilités (Alimentations, Générateur du signal de commande, Mise en forme du signal, Diviseur par 50, Remise à l'heure)

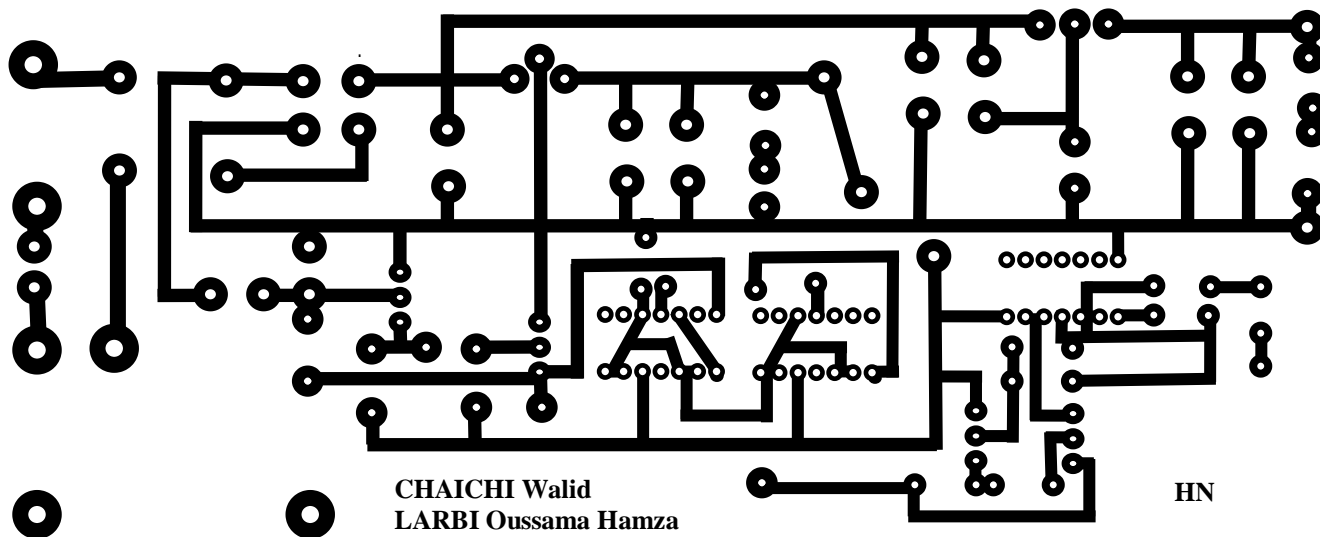


Fig.1. Circuit imprimé des Utilités de l'horloge

2. Circuit imprimé affichage

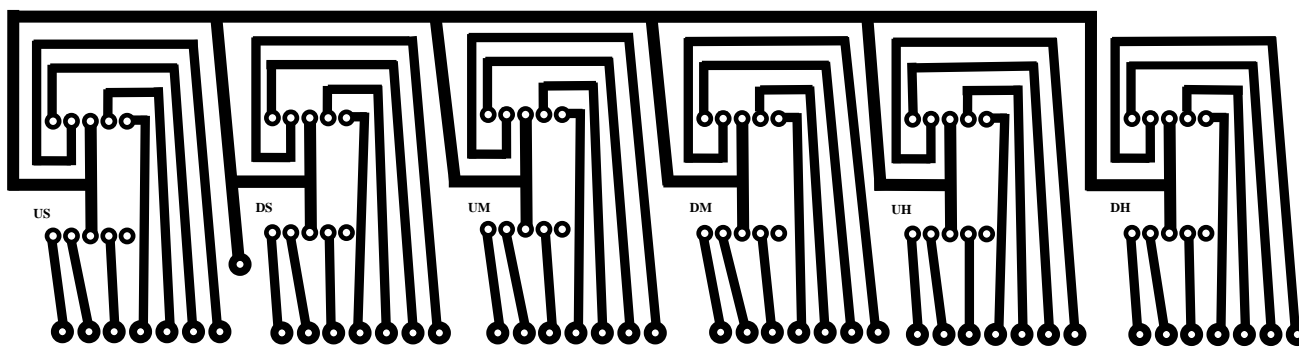


Fig.2. Circuit imprimé affichage

3. Circuit imprimé comptage et décodage

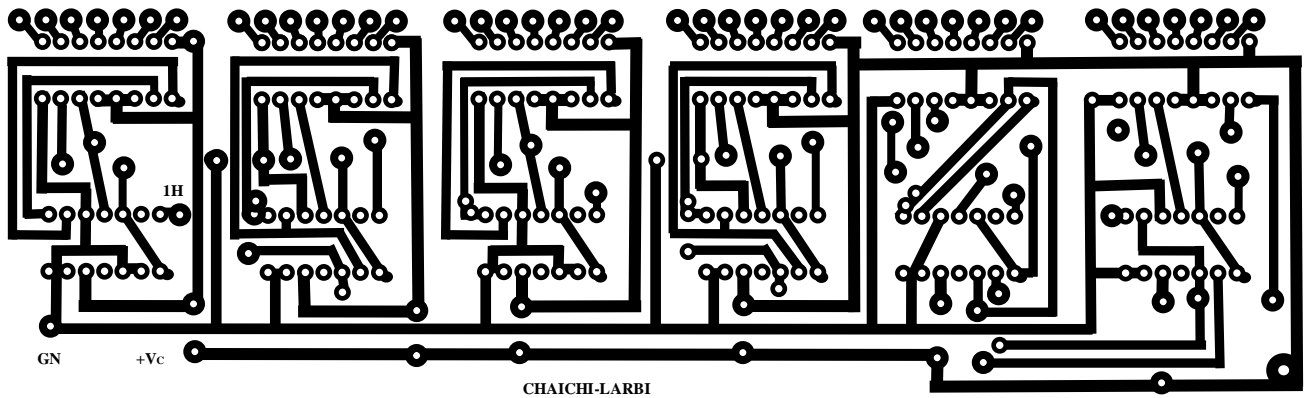


Fig.3. Circuit imprimé comptage et décodage

4. Circuits imprimés avec les straps

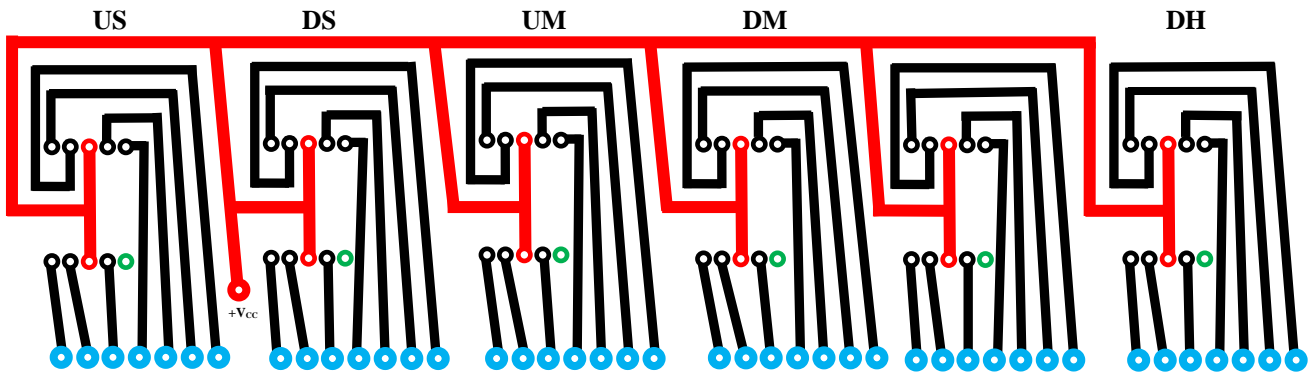


Fig.4. Circuit imprimé Affichage

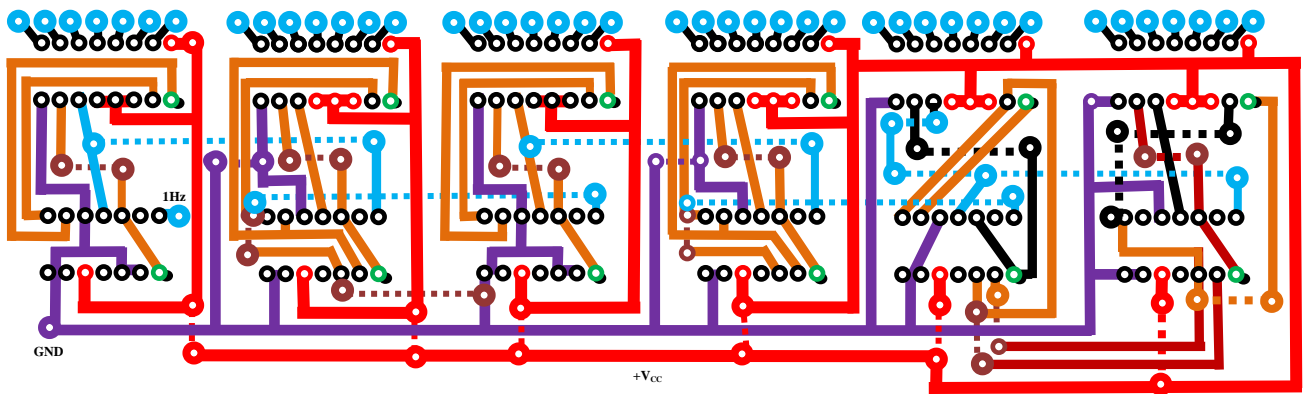


Fig.5. Circuit imprimé Comptage et décodage

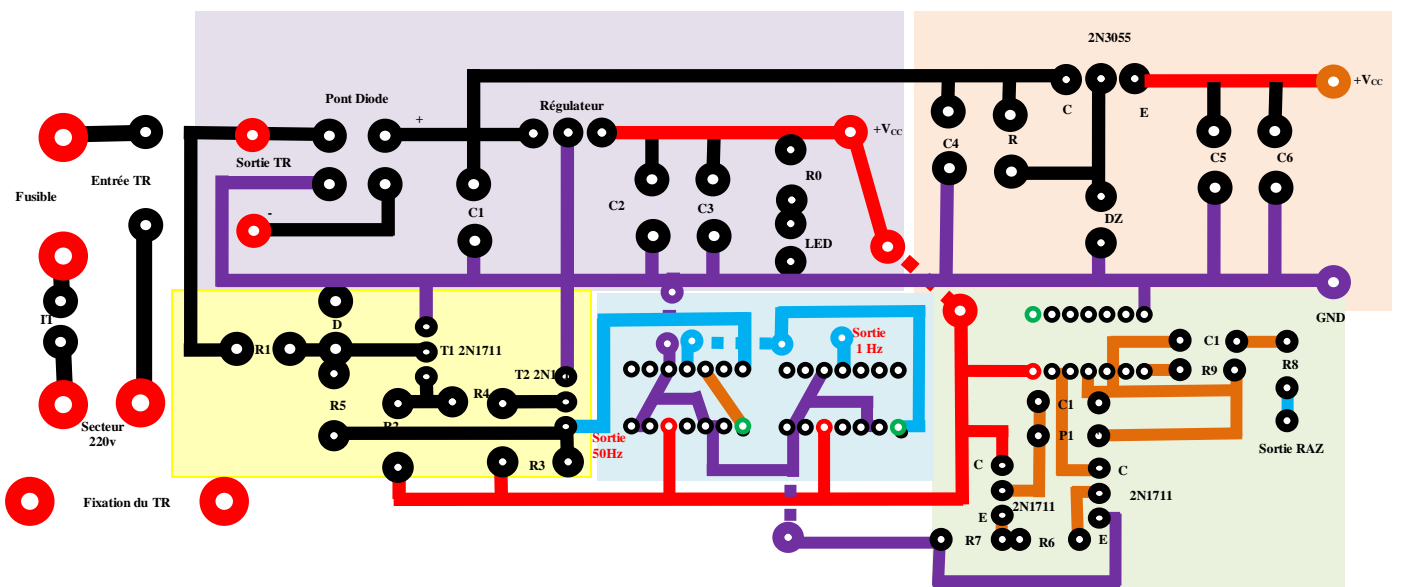


Fig.6. Circuit imprimé des utilités

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

- (1) H. LILEN: «Circuits Intégrés Numériques: Principe et application»
Edition Radio; 1978; pp. 383.
- (2) G. MATORE: «Cours élémentaire d'électroniques»
Edition Radio; 1978; pp. 256.
- (3) JAUVRAY: «Electronique des signaux analogiques»
III. Edition Dunod Université; 1988; pp350.
- (4) GRABOWSKI: «Aide-mémoire d'électronique»
Edition Dunod; 1982; pp. 407.
- (5) J.C. DUEZ et G. AUCLERC: «Electronique appliquée»
Edition classique Hachette; 1973; pp. 304.
- (6) E.J. PASAHOW: « L'électronique numérique par la pratique»
Edition MC GRAW-HILL; 1983; pp. 259.
- (7) TAYEB CHERIF RACHID : « Electronique de base »
IV. Edition BERTI; 1990; pp. 367.
- (8) R. DELSOL: «Electronique numérique: « Circuits intégrés logiques et leurs applications»
V. Tome I Edition Berti; 1989; pp. 204.
- (9) J.P.OEHMICHEN: «Emploi rationnel des circuits intégrés numériques et linéaires»
Edition Radio; 1986; pp. 514.
- (10) La création d'un ouvrage consacré à la mesure du temps est la bienvenue à Roussillon. Le temps compté conté : une expo éphémère, **le temps d'un premier janvier** à l'occasion des vœux du conseil municipal à la population. Éphémère certes mais combien chronophage : que de temps passé à la concevoir du cadran solaire à l'horloge atomique, remontons l'histoire du temps...
Réf. : Z/PAO/2013/2013.55.
- (11) F. GABON « Résumé de cours et cahier d'exercices »
Architecture EPITA INFO-SUP F. Gabon
- (12) Jean-Michel ROLANDO « Initiation aux circuits intégrés, à la technologie T.T.L. et aux familles M.O.S. »
Ecole Normale, Bonneville
N°690 BULLETIN DE L'UNION DES PHYSICIENS
- (13) H. Mathieu, « Physique des semi-conducteurs et des composants électroniques »,
4° édition, Masson 1998.

(14) **D.J. Roulston**, « Bipolar semiconductor devices »,
Mc Graw-Hill, Inc 1990.

(15) **A. BENAYAD et D. GUENDOZ** : « Electronique Générale : Cours et exercices résolus »
 OPU 2006
 7^{ème} édition

Sites Internet

(1) *Cours Iè/ STI électronique*,
 France, Lycée St Louis Crest.

<https://studylibfr.com/doc/2903157/le-transformateur>

(2) *Fabrice CAIGNET « Introduction à l'électronique Numérique Licence Physique et Applications
 Électronique séquentiel »*

LAAS - CNRS

fcaignet@laas.fr

<http://www.laas.fr/~fcaignet>

(3) *Cours Génie Electrique: « Les familles logiques »*

www.gecif.net

(4) www.taraexpeditions.org

DOSSIER DECOUVERTE : « L'Horloge « Mesurer le temps »

Coulisses de laboratoires - septembre 2015 de l'instrument à la science

(5) www.universalis-edu.com

(6) www.nmm.ac.uk

(7) Article Wikipédia sur les alimentations régulées :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Alimentation-regule_%C3%2FB_d%3A%regul%C3%A9e

(8) <https://www.zpag.net/Electroniques/Transistor/transistor.htm>

(9) **Fairchild, A. Schlumberger Company.** (1977). « CMOS DATA BOOK ».

http://www.bitsavers.org/components/fairchild/dataBooks/1977_Fairchild_CMOS_Data_Book.pdf

(10) **EEINAP.**

<https://www.eeinap.com/2021/06/electronique-numerique-compteur-modulo12.html>

(11) **Texas Instruments Incorporated.** (1988) «Texas instrument».

<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74ls90.pdf>

(12) *Redressement et filtrage.*

<https://www.maxicours.com/se/cours/circuit-de-filtrage/>

(13) https://www.electronique-et-informatique.fr/Electronique-et-Informatique/Digit/Digit_9TS.php

(14) **PIERRE MAYE** : « Les alimentations électroniques » 3^{ème} édition **DUNOD, 2018.**

<https://www.dunod.com/sites/default/files/atoms/files/9782100781034/Feuilletage.pdf>

(15) *Alimentations stabilisées.*

<http://schema-montage-electronique.blogspot.com/2011/12/alimentation-stabilisee.html>

(16) *Electronics Tutorials.*

<https://www.electronics-tutorials.ws>

(17) *COMPTEURS SYNCHRONES.*

<http://w3.gel.ulaval.ca/~maldagx/gel10279/chap6.pdf>

(18) *Différence entre la technologie TTL et CMOS.*

<https://www.robot-maker.com/forum/tutorials/article/43-technologie-ttl-et-cmos/>

(19)

https://zestedesavoir.com/tutoriels/686/arduino-premiers-pas-en-informatique-embarquee/743_gestion-des-entrees-sorties/3424_afficheurs-7-segments/

(20) Redressement et filtrage. <https://www.maxicours.com/se/cours/circuit-de-filtrage/>

Memoires

(1) *Restitution visuelle* : « Les afficheurs 7 segments »

 Systèmes Electroniques Numériques

 Lycée professionnel IMMACULEE CONCEPTION

 2de PRO SEN