

## II-3 LES INDUCTEURS

Un Inducteur est une Bobine conçue pour être utilisée dans les circuits électroniques  
Les Inducteurs exploitent une caractéristique importante des Bobines, l'AUTO-INDUCTANCE (ou Self), ou INDUCTANCE tout simplement (ou encore INDUCTION)

Un Inducteur, c'est tout simplement une BOBINE DE FIL CONDUCTEUR, souvent enroulée autour d'un Noyau de fer  
L'Auto-inductance est similaire à l'Induction électromagnétique

L'Induction électromagnétique fait référence à la propriété d'une Bobine consistant à produire du COURANT quand elle se déplace dans un champ magnétique  
L'Auto-inductance fait référence à la création par la Bobine de Champ magnétique qui va générer la Tension

En d'autres termes, avec l'Auto-inductance la Bobine s'autoalimente :

- Une Tension appliquée aux extrémités de la Bobine entraîne la circulation d'un COURANT ELECTRIQUE
- Ce COURANT crée un CHAMP MAGNETIQUE
- Ce Champ Magnétique lui-même crée une TENSION SUPPLEMENTAIRE

NB :

Un Inducteur ne peut pas stopper la variation du Courant, il ne peut que la ralentir  
Le Champ magnétique d'un inducteur peut s'étendre à un autre inducteur situé à proximité et y induire aussi une Tension-- Donc il faut recouvrir les inducteurs d'un blindage isolant spécial

### II-3-1 Mesure de l'Inductance

L'Inductance (L) se mesure en HENRYS

1 Henry est l'Inductance nécessaire pour induire 1 Volt quand le Courant dans une Bobine varie d'1 Ampère par Seconde

### II-3-2 Calcul de la Constante de Temps RL

La Constante de Temps RL en SECONDES est égale à l'Inductance en HENRYS divisée par la Résistance du circuit en OHMS

$$T = L / R$$

La Constante de Temps RL indique le Temps nécessaire pour que passe 63,2% du Courant , résultant d'une Tension appliquée aux bornes d'un Inducteur

Approximation utile du % d' Intensité de Courant donne qu'un Inducteur laisse passer pleinement après les 5 premières Constantes de Temps

Exemple :

Soit un Circuit avec  $R = 100 \text{ Ohms}$  et  $L = 100 \text{ mH} = 0,1 \text{ H}$

On obtient une Constante de Temps  $T = 0,001 \text{ Seconde} = 1 \text{ ms}$

Intervalle de Constante de Temps RL	Pourcentage du courant total
1	63,2%
2	86,5%
3	95,0%
4	98,2%
5	99,3%

Un circuit dans lequel la Résistance est de 100 Ohms et l'Inductance de 0,1 Henry , on peut considérer que **le Courant circulera à pleine capacité 5 ms après l'application de la Tension**

### II-3-3 Calcul de Réactance inductive

Le degré d'opposition d'un Inducteur à la variation d'Intensité du Courant à une Fréquence particulière est appelé la REACTANCE de l'Inducteur mesuré en OHMS

Elle se calcule par la formule :

$$XL = 2 \pi f L$$

XL : Réactance inductive (Ohms)

f : Fréquence du signal (Hertz)

L : Inductance (Henrys)

$\pi = 3,14$

Exemple :

Calcul de la Réactance d'un inducteur de 1mH par rapport à une onde sinusoïdale de 50 Hz  
(Fréquence du courant du secteur)

$$XL = 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,001 = 0,314 \text{ Ohms}$$

$$\text{à } 20 \text{ KHz} \text{ ----- } 125,6 \text{ Ohms}$$

$$\text{à } 100 \text{ KHz} \text{ ----- } 628 \text{ Ohms}$$

DONC : Les inducteurs laissent mieux passer le Courant à BASSE FREQUENCE qu'à HAUTE FREQUENCE

### II-3-4 Inducteurs en SERIE

Pour les Inducteurs en **Série** , les Valeurs des inducteurs s'additionnent

$$L = L1 + L2 + L3 + \dots$$

### II-3-5 Inducteurs en PARALLELE

$$L = 1 / ( 1/L1 + 1/L2 + 1/L3 + \dots )$$

### II-3-6 Utilisation pratique des Inducteurs

Les utilisations les plus courantes des Inducteurs sont :

- La Régulation de la Tension du Secteur  
(Transformation du Courant Alternatif 220V de Fréquence 50Hz du secteur en  
COURANT CONTINU)
- Le Filtrage  
(Un Filtre sélectionne les Fréquences autorisées : Filtres Passe-haut, Filtres Passe-bas et  
Filtres Passe-bande)
- Le réglage d'une Radio  
(Les Bobines peuvent servir à régler et maintenir une Radio sur un Signal de Fréquence  
particulier)
- Les Transformateurs

## II-4 LES DIODES

### II-4-1 Qu'est-ce qu'un SEMI-CONDUCTEUR ?

Un Semi-conducteur est un Matériau qui conduit le Courant, mais de façon partielle

La Conductivité d'un Semi-conducteur est à mi chemin entre celle d'un Isolant, presque nulle , et celle d'un Conducteur , presque maximale

Les Semi-conducteurs sont généralement des cristaux constitués de certains matériaux, le plus souvent du SILICIUM

Les Semi-conducteurs possèdent généralement 4 électrons dans leur couche de Valence ( Silicium, Germanium)

Les Atomes possédant 4 électrons de Valence perdent rarement 1 électron, mais ils partagent volontiers leurs électrons avec les Atomes voisins

Si tous les Atomes voisins sont du même type, tous les électrons de valence d'un Atome peuvent se lier aux électrons de valence des autres Atomes. Quand cela se produit, les Atomes forment des structures précises et ordonnées appelées CRISTAUX

C'est de ces Cristaux que sont constitués les Semi-conducteurs

Les Semi-conducteurs sont fabriqués avec des Cristaux de SILICIUM, et parfois de GERMANIUM

- Le Semi-conducteur de type N est obtenu à l'aide d'un DOPANT possédant 5 électrons dans sa couche de valence (Le Phosphore est utilisé à cet effet) . Le 5<sup>ème</sup> électron de valence n'a pas d'Atome avec qui se lier

Ce type de Semi-conducteur possédant des électrons en surnombre est appelé Semi-conducteur de type N

- Le Semi-conducteur de type P se forme quand le DOPANT est un élément qui ne possède que 3 électrons de valence (Ex : le BORE) . Un déficit d'électrons appelé TROU se comporte comme une charge positive

Quand on applique une TENSION à un Semi-conducteur, qu'il soit de type N ou de type P, **un courant circule**, pour la même raison qu'il circule dans un conducteur classique :

Le coté négatif de la Tension pousse les électrons

Tandis que le coté positif les attire

Il en résulte que le Mouvement aléatoire des électrons et de l'apparition des trous, caractéristique du Semi-conducteur, fait place au mouvement organisé dans une direction, ce qui engendre un COURANT ELECTRIQUE mesurable

## II-4-2 Les Jonctions P-N

Les Semi-conducteurs de type P et de type N ne sont que des conducteurs

Quand on les réunit, **le COURANT peut les traverser**, mais dans un seul sens

-Quand on applique une TENSION positive au coté P de la jonction et une TENSION négative au coté N, **un Courant traverse la jonction**

La jonction P-N devient alors un CONDUCTEUR qui laisse passer un Courant

-Quand on inverse la TENSION, **aucun Courant ne passe.**

La jonction P-N devient un ISOLANT , elle n'est donc pas traversée par un Courant

## II-4-3 Les DIODES

Une DIODE est un Composant fabriqué à partir d'une simple jonction P-N

La borne fixée au Semi-conducteur de type N s'appelle la CATHIODE (coté négatif de la Diode)

La borne fixée au Semi-conducteur de type P s'appelle l'ANODE (coté positif)

-Quand l'ANODE d'une Diode est reliée à la borne POSITIVE d'une source de Tension et la CATHODE à sa borne NEGATIVE ----La Diode devient CONDUCTRICE et **laisse le Courant la traverser** :

C'est la POLARISATION DIRECTE

-Quand le branchement est inversé, **le courant ne passe pas** , la Diode devient un Isolant

Il s'agit d'une POLARISATION INVERSE

Il est à noter que dans une diode type, une certaine TENSION DIRECTE est nécessaire avant qu'un Courant puisse passer (environ 0,5 Volt). Au dessous de cette valeur, il n'y a pas de courant, mais dès qu'elle est atteinte, le Courant traverse la Diode sans difficulté.

Ce Seuil Minimum de Tension dans le sens direct est appelé : CHUTE DE TENSION DIRECTE

(Exemple : Si la chute de Tension directe de la Diode était de 0,7 V et si la Tension délivrée par la Source était de 9 V exactement , la Tension aux bornes de la Lampe serait 8,3 V )

Les Diodes ont aussi un SEUIL MAXIMUM de Tension Inverse, la Tension qu'elles peuvent contenir avant de laisser le courant circuler dans le sens inverse. On l'appelle TENSION INVERSE DE CRETE (TIC) qui est une spécification importante pour les Diodes que vous allez utiliser dans vos circuits (Vous devez veiller à ce que vos Diodes ne soient pas exposées à une Tension dépassant leur TIC

Outre La Chute de Tension Directe et la TIC, les DIODES ont comme caractéristique une INTENSITE MAXIMALE . Si ce SEUIL est dépassé, la Diode sera définitivement HORS SERVICE

## II-4-4 Les Types de Diodes

### a)-Les Diodes Redresseuses

Une **Diode Redresseuse** est spécifiquement conçue pour les circuits qui nécessitent le passage de courant Alternatif au courant Continu

Les Diodes Redresseuses les plus courantes sont les modèles numérotés de 1N4001 à 1N4007  
(Ces Diodes autorisent des courants jusqu'à 1 A et leur TIC va de 50 à 1000 V)  
(La plupart des Diodes Redresseuses ont une Chute de Tension directe voisine de 0,7 V)

### b)-Les Diodes de Signal

Une **Diode de Signal** est conçue pour des charges bien plus faibles qu'une Diode Redresseuse

Elle peut supporter un Courant d'Intensité voisine de 100mA ou 200mA

La Diode de signal la plus utilisée est la Diode AN4148  
(Sa chute de Tension directe est de 0,7 V, son TIC est de 100 V)  
(Elle peut supporter une Intensité Maximum de 200 mA)

NB :

Les Diodes de Signal sont préférables aux Diodes Redresseuses pour gérer les Signaux à Haute Fréquence (elles sont utilisées dans les circuits qui traitent les signaux Audio ou des Fréquences RADIO)

Puisqu'elles agissent rapidement aux Haute Fréquence, on les appelle Diodes Haute Vitesse

On l'appelle aussi Diodes de Commutation car elles servent souvent d'INTERRUPTEURS rapides dans les Circuits Numériques

### c)-Les Diodes ZENER

Les **Diodes ZENER** sont spécialement conçues pour supporter le courant résultant du DEPASSEMENT de la TIC

En outre, les Diodes ZENER sont conçues de telle manière que lorsque la Tension Inverse appliquée dépasse le seuil, le courant circule de plus en plus de manière à maintenir la Chute de Tension aux bornes de la Diode à un niveau fixe ( Les Diodes ZENER peuvent servir à réguler la Tension dans un circuit)

La TIC aux bornes d'une Diode ZENER est appelée : la TENSION ZENER ( cette Tension peut être très basse , de l'ordre de quelques Volts , comme elle peut valoir plusieurs centaines de Volts)

Utilisation : on l'utilise souvent dans les circuits qui nécessitent une Tension prévisible  
(Exemple : Supposons que votre circuit ne soit pas censé supporter une Tension supérieure à 5 V , vous pouvez donc y insérer une Diode ZENER de 5 V, laquelle limitera la Tension aux bornes du Circuit à 5 V . Si une Tension supérieure à 5 V est appliquée au circuit, la Diode ZENER conduira la Tension excédentaire hors du circuit sensible)

#### II-4-5 UTILISATION des Diodes

a)-Utiliser une Diode pour bloquer la Polarité Inverse

b)-Faire travailler les redresseurs

#### II-4-6 Les Diodes électroluminescentes (LED)

Une LED est une Diode d'un type particulière qui diffuse une Lumière Visible quand elle est traversée par un Courant (La Borne la plus courte est la Cathode)

Quand vous utilisez une LED dans un circuit, vous devez toujours prévoir une Résistance en série avec la LED pour la sécuriser suivant les spécifications figurant sur la LED

NB :

Si vous voulez brancher plusieurs LED en série, faites la Somme des Chutes de Tension pour calculer la Résistance nécessaire

Exemple :

Si vous voulez alimenter avec une Pile de 9 V trois LED, chacune avec une chute de Tension de 2 V , soit une chute de Tension totale de 6 V ( $2 \times 3 = 6$  V), la chute de Tension aux bornes de la Résistance devra être 3 V ( $9 - 6 = 3$  V). La Loi d'Ohm vous permet de savoir que la Résistance nécessaire pour limiter le courant à 20 mA sera de 150 Ohms ( $R = V / I = 3 / 0,020 = 150$  Ohms)

#### II-4-7 Utilisation des LED pour détecter la Polarité

## II-5 LES TRANSISTORS

### II-5-1 A l'intérieur du transistor

Un Transistor est comme une Diode avec une 3<sup>ème</sup> Couche de Semi-conducteur de type N ou P à une extrémité

Le Transistor comporte 3 régions au lieu de 2.

L'interface entre ces régions forme une jonction P-N

Le Transistor est comme un Semi-conducteur comportant 2 jonctions P-N

-On peut fabriquer un Transistor en disposant un Semi-conducteur de type P en sandwich entre 2 Semi-conducteurs de type N

Ce Transistor est appelé **Transistor NPN** car il est constitué de 3 régions : une de type N, une de type P et une de type N

-L'autre manière de fabriquer un Transistor consiste à placer un Semi-conducteur de type N entre 2 Semi-conducteurs de type P

Ce Transistor est appelé **Transistor PNP** en raison de 3 régions de type P, N et P

### II-5-2 Les 3 régions du Transistor

Le Transistor est prolongé par 3 Bornes

Chacune des 3 bornes porte un nom

-Le COLLECTEUR: Le Courant circule à travers le Collecteur vers l'Emetteur et est contrôlé par la Base

-L'EMETTEUR : Lorsque la Tension de la Base le permet, le Courant circule à travers le Collecteur vers l'Emetteur

-La BASE : Cette région est celle qui détermine quelle quantité de Courant va traverser le circuit joignant le Collecteur à l'Emetteur . Le Courant peut passer quand une Tension est appliquée à la Base



A SAVOIR :

-Entre le Collecteur et l'Emetteur

Il s'agit du Courant principal traversant le Transistor

$V_{ce}$  : Tension aux Bornes

$I_{ce}$  : Intensité du courant qui la traverse

-Entre la Base et l'Emetteur

Il s'agit du trajet qui contrôle le flux de Courant entre le Collecteur et l'Emetteur

$V_{be}$  : Tension aux Bornes (Tension de polarisation)

$I_{be}$  : Intensité du Courant qui parcourt cette portion de circuit

-Dans un Transistor NPN,

L'Emetteur est la partie NEGATIVE

Le Collecteur et la Base constituent la partie POSITIVE

-Dans un Transistor PNP

L'Emetteur est la partie POSITIVE

Le Collecteur et la Base constituent la partie NEGATIVE

Pour que le Transistor puisse fonctionner, il faut :

1)-La Zone intermédiaire comprise entre les 2 jonctions soit TRES MINCE (La Base, B)

2)-L'une des 2 zones extrêmes soit FORTEMENT DOPEE (L'Emetteur, E)

3)-L'autre Zone extrême doit être FAIBLEMENT DOPEE (Le Collecteur, C)

### II-5-3 Transistor Bloqué

Un Transistor est bloqué si la jonction B-E est bloqué :

-soumise à une Tension INVERSE

-soumise à une Tension directe INFÉRIEURE au Seuil

-non reliée à une Source de polarisation (Base en l'air)

DONC aucun Courant ne peut traverser le Transistor entre C et E

### II-5-4 Transistor Passant

Un Transistor est passant lorsque le dipôle B-E est soumis à une Tension directe SUPÉRIEURE au Seuil

- Un Courant va pouvoir traverser :  $I_b$  (Courant de Base)

- Un Courant très important circule entre C et E :  $I_c$  (Courant de Collecteur)

-Le Courant Collecteur  $I_c$  traverse la jonction C-B dans le sens inverse (C'est l'Effet Transistor)

$$I_c = \beta I_b + I_{ce0}$$

Avec  $I_c$  : Courant Collecteur

$I_b$  : Courant Base

$I_{ce0}$  : Courant de fuite (très faible)

$\beta$  : Amplification du courant (entre 20 et 1000)

## II-5-5 Caractéristiques des Transistors

- a) Caractéristique B-E
- b) Caractéristique C-E
- c) Schéma équivalent du Transistor
- d) Applications – Exercices

## Chapitre III LES CIRCUITS INTEGRES

### III-1 Introduction

Un **Circuit Intégré** (CI) est un Circuit électronique complet constitué d'un certain nombre de Composants tels que : TRANSISTORS , RESISTANCES , CONDENSATEURS , et des Liaisons conductrices qui relient ces composants

Tout cela fabriqué dans une unique morceau de Cristal de Silicium

### III-2 Minuterie 555

#### III-2-1 Fonctionnement

Le CI de Minuterie 555 peut servir par des fonctions de Temporisation

Exemple : -Rester une Lampe allumée pendant un certain laps de temps

-Rester une Lampe clignotée de façon régulière

-Elle peut servir à produire des Notes de Musique (c à d des Sons à une Fréquence particulière)

Le CI de Minuterie peut être considéré comme le croisement  
d'un Circuit ANALOGIQUE et d'un Circuit NUMERIQUE

- La Sortie du CI 555 est purement NUMERIQUE

Soit à l'Etat BAS (0 V)

Soit à l'Etat HAUT ( 2,5 V)

Le mécanisme de Temporisation du CI détermine le Temps pendant lequel la Sortie est dans chacun des 2 Etats

-La partie ANALOGIQUE du Circuit permet le CONTROLE du TEMPS pendant lequel le Signal de Sortie est à l'état HAUT et le TEMPS pendant lequel il est à l'état BAS

Il faut créer un circuit RC qui déterminera l'Intervalle de Temps géré par le CI 555

### III-2-2 Les Broches du CI 555

Le CI comprend 8 Broches :

- 1-MASSE : Broche raccordée à la Masse
- 2-DECLENCHEUR : -Pour démarrer la Minuterie, il faut connecter la Broche 2 à la Tension d’Alimentation  
-Pour déclencher la Minuterie, il suffira de couper la Tension
- 3-SORTIE : La Broche de Sortie peut être à l’état BAS (proche de 0 V)  
ou à l’état HAUT (proche de la Tension d’Alimentation)
- 4-REMISE à ZERO : Pour initialiser le comptage  
C’est une Entrée active BASSE , comme le Déclencheur  
-La Broche 4 doit être reliée à la Tension d’Alimentation pour que le CI 555 puisse fonctionner  
-Lorsqu’elle est momentanément connecté à la Masse , le Fonctionnement du CI 555 est interrompu jusqu’à ce qu’il soit à nouveau déclenché ( voir Broche 2)
- 5-CONTROLE : reliée à la Masse par l’intermédiaire d’un petit Condensateur de 0,01 Microfarads  
(Pour éliminer les éventuelles fluctuations de la Tension d’Alimentation qui pourraient affecter le Fonctionnement de la Minuterie)
- 7-DECHARGE : Elle sert à décharger un Condensateur (C) externe associée à une Resistance (R)  
pour le CONTROLE de TEMPORISATION  
( Elle est connectée à Vcc par l’Intermédiaire d’une Resistance R  
et à la Masse par l’intermédiaire d’un Condensateur C )
- 8- Vcc : Broche connectée à la Tension Positive (+) de l’Alimentation (4,5 V à 15 V)  
( Exemple : Pile de 6 V ou 9 V)

### III-2-3 Les Modes de Fonctionnement du CI 555

Il existe fondamentalement 3 façons de connecter un CI 555

-En Mode MONOSTABLE

Exemple : Minuterie de Cuisine

(Lancer la Minuterie active la Sortie à l'état HAUT , puis une fois écoulée l'Intervalle de Temps pour lequel elle est réglée remet la Sortie dans l'état BAS et s'arrête )

-En Mode ASTABLE

Le Circuit continue à fonctionner jusqu'à ce que l'on arrête

-En Mode BISTABLE

Circuit en type BASCULE, utilisé en Electronique NUMERIQUE

(L'Entrée de Déclenchement sert à faire ALTERNER la Sortie entre l'état HAUT et l'état BAS)

EXEMPLES :

a) Le CI 555 en Mode MONOSTABLE

b) Le CI 555 en Mode ASTABLE ( Oscillateur)

Ce qui veut dire , dès que le CI 555 est dans un état donné (Ex : Sortie à l'état HAUT

Il passe à l'état opposé (Sortie à l'état BAS) , puis à nouveau à l'état précédent , et ainsi de suite , indéfiniment . Il est en Mode OSCILLATEUR

c) Le CI 555 en Mode BISTABLE ( Bascule)

Une BASCULE est un Circuit qui alterne 2 états de Sortie

Une brève impulsion sur le Déclencheur (2) entraîne le passage de la Sortie à l'état HAUT

Cet état se maintient après la Fin de l'impulsion et jusqu'à l'impulsion de la Réinitialisation (4)

On a un Circuit BISTABLE parce qu'il connaît 2 Etats Stables , HAUT et BAS

Il reste à l'état BAS jusqu'au déclenchement après quoi il reste à l'état HAUT jusqu'à la Remise à 0

### II-2-4 Applications

Projet 1 : Circuit Minuterie

Projet 2 : Fabrication d'un Clignotant à LED

(Faire clignoter une Paire de LED en alternance en mode ASTABLE)

Projet 3 : Clignotement à LED avec Interrupteur

Projet 4 : Fabrication d'un Beeper audible

