REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA**

**F**aculté de **T**echnologie

**D**épartement du **G**énie **E**lectrique

# Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Electronique

Spécialité : Electronique des systèmes embarqués.

---

# Etude et réalisation d'un saturomètre de pouls

---

Présenté par :

**CHAIRI Reyane**

**BOUKHEMACHA Abdelmalek**

Proposé et Dirigé par :

**Mr. CHADLI Samir**

**Dr. TOUBAL Abdelmoughni**

**Promotion 2022**

**الملخص:**

الهدف من هذا المشروع هو دراسة وانجاز جهاز لقياس معدل نبضات القلب ونسبة تشبع الدم من الاوكسجين، هذا الجهاز صمم باستخدام متحكم مصغر من فئة اردوينو وحساس ضوئي إضافة الى شاشة عرض و دارة ارسال لاسلكية من فئة بلوتوث لإرسال القياسات الى جهاز الكمبيوتر لعرضها، تخزينها ومعالجتها

**الكلمات المفتاحية**: معدل نبضات القلب، ونسبة تشبع الدم من الاوكسجين، حساس ضوئي

## Le résumé :

L'objectif de ce projet est d'étudier et de réaliser un dispositif pour mesurer la fréquence cardiaque et la saturation sanguine de l'oxygène, cet appareil a été conçu à l'aide d'un mini contrôleur de la classe Arduino et d'un capteur de lumière en plus d'un écran et d'un circuit de transmission sans fil de la classe Bluetooth pour envoyer des mesures à l'ordinateur pour afficher, stocker et les traiter

**Mots clés :** Fréquence cardiaque, saturation en oxygène, capteur de lumière

## The abstract :

L'objectif de ce projet est d'étudier et de réaliser un dispositif pour mesurer la fréquence cardiaque et la saturation sanguine de l'oxygène, cet appareil a été conçu à l'aide d'un mini contrôleur de la classe Arduino et d'un capteur de lumière en plus d'un écran et d'un circuit de transmission sans fil de la classe Bluetooth pour envoyer des mesures à l'ordinateur pour afficher, stocker et les traiter

**Key words:** Heart rate, oxygen saturation, light sensor

**REMERCIEMENTS**

*En premier lieu nous tenons à remercier le bon dieu tout puissant de nous avoir donné patience, courage, et volonté pour réussir notre mémoire.*

*Ce travail a été réalisé à l'Université Dr Yahia Farès de MEDEA dans le laboratoire de recherche numéro 06. Nous adressons également nos vifs remerciements à Mr. CHADLI Samir de nous avoir guidé et conseillé tout au long de ce travail.*

*De même, nous remercions Mr. TOUBAL Abdelmoughni qui a guidé nos travaux sur le plan de rédaction.*

*Nous exprimons toute notre gratitude aux membres du jury d'avoir accepté juger et examiner ce travail.*

*Enfin, nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance à toutes personnes ayant contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce travail.*

# *Dédicace*

*Au nom de dieu le tout puissant qui m'a donné la volonté et la patience et qui m'a mis sur le bon chemin pour arriver à ce jour-là.*

*A la mémoire de mes grands-parents paternels et maternels que dieu les accueils dans son vaste paradis.*

*A mes chers parents BOUZID et YAMINA aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation, puisse Dieu, le très haut, vous accorde santé, bonheur et longue vie.*

*A mon seul et unique frère ANIS*

*A mes très chers cousins ABDELHAK, TAKIEDDINE, NASREDDINE, BILLEL et MOHAMED et leurs familles*

*A mes sœurs par amour YATHREB, ISLAH, KHAOULA et leurs familles*

*A mes adorables tantes HENIA, HAFIDHA, DJAMILA, FATMA ZOHRA, AICHA, LEILA et NACERA*

*A mes oncles AHMED CHERIF MISSOUM et KAMEL*

*A la mémoire de mon cher oncle Tayeb*

*A toute ma famille METOUI et CHAIRI*

*A mes amis(es)*

*A mon binôme Abdelmalek et sa famille*

*A mes enseignants et enseignantes*

*A tous les étudiants de la promotion Master 2 ESE*

*A la mémoire de mes amis(es) MANEL, CHOUROUK et HABIB TAHA vous serez toujours présents dans mon esprit*

*Et à tous ce que je porte dans mon cœur*

*Rayane*

# *Dédicace*

*Louange à Dieu, le miséricordieux, sans lui rien de tout cela n'aurait pu être.*

*Je dédie ce précieux travail aux êtres les plus chers à mon cœur, mon très cher père NASEREDDINE pour son soutien, et ma très chère maman SOUAD qui n'a jamais cessé de m'encourager dans les moments les plus difficiles et pour leurs incomparables sacrifices.*

*A la mémoire de mes grands-parents paternels et maternels que dieu les accueils dans son vaste paradis.*

*A mes deux frères HICHAM ET RAYANE*

*A ma chère sœur et sa petite famille*

*A toute ma famille*

*A mes amis(es)*

*A ma binôme Rayane et sa famille*

A tous les étudiants de la promotion Master 2 ESE

*Abdelmalek*

# Table des matières

LE RÉSUMÉ ..... 1
REMERCIEMENTS ..... 1
LISTE DES FIGURES ..... 2
INTRODUCTION GENERALE ..... 4
INTRODUCTION GÉNÉRALE : ..... 1
CHAPITRE I : *GÉNÉRALITÉS* ..... 2
1. INTRODUCTION : ..... 3
2. LE FONCTIONNEMENT DU CŒUR : ..... 3
3. LA FRÉQUENCE CARDIAQUE NORMALE AU REPOS : ..... 4
4. LA BONNE FRÉQUENCE CARDIAQUE AU REPOS : ..... 5
5. RYTHME CARDIAQUE : ..... 6
5.1 Rythme cardiaque rapide (tachycardie) : ..... 6
Les causes : ..... 6
Les symptômes : ..... 6
5.2 Rythme cardiaque lent (Bradycardie) : ..... 6
Les causes : ..... 7
Les symptômes : ..... 7
6. MESURE DE LA FRÉQUENCE CARDIAQUE : ..... 7
7. L'HÉMOGLOBINE : ..... 7
8. LA CIRCULATION SANGUINE : ..... 8
8.1 La circulation pulmonaire : ..... 9
8.2 La circulation systémique : ..... 9
9. LE TAUX DE SATURATION EN OXYGÈNE : ..... 10
10. LES DIFFÉRENTES MESURES DU TAUX DE SATURATION EN OXYGÈNE : ..... 11
10.1 Prélever du sang artériel (mesure des gaz sanguins) : ..... 11
10.2 Avec oxymètre de pouls ou saturomètre (plus facile à utiliser) : ..... 12
11. INDICATIONS DE LA MESURE DU TAUX DE SATURATION EN OXYGÈNE : ..... 12
11.1 Les normes de saturation en oxygène : ..... 13
11.2 Taux de saturation bas : ..... 13
11.3 Symptômes d'un taux de saturation en oxygène bas : ..... 14
11.4 Traitements de l'hypoxémie ..... 14
11.5 Taux de saturation trop élevé ..... 14
11.6 Faible saturation en oxygène et COVID 19 ..... 14

12. CONCLUSION : 14
CHAPITRE II : *CONCEPTION ET CHOIX DES COMPOSANTS* 15
1. INTRODUCTION : 15
2. LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN OXYMÈTRE DE POULS : 15
3. LA MESURE DE LA FRÉQUENCE CARDIAQUE : 16
4. LE MAX30102 : 16
4.1 Description générale : 17
4.2 Avantages et fonctionnalités : 18
4.3 Information d'applications : 19
4.3.a Fréquence d'échantillonnage et performances : 19
4.3.b Utilisation du MAX30102 avec Arduino : 19
5. LA PLATEFORME ARDUINO : 19
5.1 Arduino nano : 20
Avantages : 20
5.2 Brochage de l'Arduino Nano : 22
5.3 Alimentation de l'Arduino Nano : 22
6. LE BUZZER : 22
6.1 Fonctionnement de buzzer (élément piézo) : 23
6.2 La différence entre Buzzer passif et actif : 23
Branchement du Buzzer Arduino : 23
7. MODULE BLUETOOTH HC-05 : 24
7.1 Quelques informations à propos le module HC-05 : 25
7.2 L'interfaçage entre le module HC-05 et Arduino : 25
7.3 Schéma d'interfaçage : 26
8. L'AFFICHEUR OLED : 26
8.1 Les avantages de la technologie OLED : 27
8.2 Les inconvénients de la technologie OLED : 27
8.3 Le brochage de l'Arduino nano avec l'afficheur Oled 1.54 " : 27
8.4 Le principe de fonctionnement d'un afficheur OLED : 28
9. CONCLUSION : 28
CHAPITRE III : *RÉALISATION ET TESTS* 29
1. INTRODUCTION : 30
2. PRÉSENTATION DU SCHÉMA SYNOPTIQUE : 30
3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT : 30
4. PARTIE MATÉRIELLE : 31
Le fonctionnement électrique de chaque bloc : 31
Bloc d'alimentation : 31

Bloc de traitement et de contrôle : 31
Bloc capteur et conditionneur : 31
Bloc d'affichage : 32
Bloc de communication Bluetooth : 32
Boc de signalisation : 33
5. PARTIE LOGICIELLE : 35
Présentation des bibliothèques Arduino utilisées : 35
Adafruit_GFX.h : 35
Adafruit_SSD1306.h : 36
MAX30105.h : 36
Serial Software.h : 37
Wire.h : 37
6.1 Organigramme complet du programme : 38
6.2 Organigramme du programme MATLAB : 41
7. CONCLUSION : 42
CONCLUSION GENERALE 43
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 45
**ANNEXE 48**

## Liste des tableaux :

Tableau I. 1: Indication sur le rythme cardiaque au repos pour une personne adulte ne ressentant pas de malaise ..... 5

Tableau II. 1 : les améliorations apportées au module MAX30102 sur le MAX30100 ..... 17
Tableau II. 2: Fréquence d'échantillonnage pour le mode SpO2 et HR ..... 19
Tableau II. 3 : Spécifications techniques de l'Arduino nano ..... 21

Tableau III. 1 : Interconnexion du MAX30102 avec la carte Arduino. ..... 31
Tableau III. 2 : Interconnexion de l'Afficheur OLED avec la carte Arduino. 32
Tableau III. 3 : Interconnexion du Bluetooth HC05 avec la carte Arduino. .. 33
Tableau III. 4 : Interconnexion du Buzzer passif avec la carte Arduino. ..... 34

## Liste des figures

Figure I. 1: Le cycle cardiaque : Remplissage passif, puis actif, et contraction du ventricule gauche..... 4
Figure I. 2 : Les quatre chaines de la globine (en bleu) abritent l'hème (en rose)..... 8
Figure I. 3: La circulation sanguine. ..... 9
Figure I. 4 : dans ce capillaire, on ne voit que les globules rouges, qui transporte l'oxygène ; le plasma les entourant contient les nutriments, les hormones, etc. ..... 10
Figure I. 5 : Appareil respiratoire..... 11
Figure I. 6 : Sang oxyhémoglobine en bleu, sang désoxyhémoglobine en jaune ..... 13

Figure II. 1: Principe de fonctionnement d'un oxymètre des pouls..... 15
Figure II. 2 : Principe de mesure de la fréquence cardiaque..... 16
Figure II. 3 : le schéma du module MAX30102 ..... 17
Figure II. 4 : l'ajout des régulateurs de tension au capteur 30102 ..... 18
Figure II. 5 : Diagramme fonctionnel du module MAX30102. ..... 18
Figure II. 6 : La carte Arduino nano ..... 20
Figure II. 7 : Les différentes broches de l'Arduino nano..... 22
Figure II. 8 : buzzer passif..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure II. 9 : le module Bluetooth HC-05..... 24
Figure II. 10 : Interfaçage du module Bluetooth HC-05 avec Arduino. ..... 26
Figure II. 11 : Un afficheur OLED 1.54 "..... 26
Figure II. 12 : brochage de l'Arduino nano avec l'afficheur OLED ..... 27
Figure II. 13 : Principe fonctionnement d'une Technologie OLED ..... 28

Figure III. 1 : le schéma synoptique..... 30
Figure III. 2 : Brochage du capteur ..... 31
Figure III. 3 : Brochage de l'afficheur ..... 32
Figure III. 4 : Brochage du module Bluetooth ..... 33
Figure III. 5 : Brochage du buzzer ..... 33

Figure III. 6 : Schéma électrique complet ..... 34
Figure III. 7 : L'ajout de la bibliothèque AdaFruit GFX ..... 35
Figure III. 8 : L'ajout de la bibliothèque AdaFruit SSD1306 ..... 36
Figure III. 9 : Le téléchargement de la bibliothèque MAX3010X ..... 37
Figure III. 10: L'organigramme de fonctionnement du programme principale ..... 40
Figure III. 11: L'organigramme du programme Matlab ..... 41
Figure III. 12 : Photo de la carte réalisée ..... 42

# INTRODUCTION GENERALE

## Introduction générale :

Ce manuscrit correspond généralement dans le vaste contexte du diagnostic et du traitement des maladies cardiovasculaires et cela grâce aux nouvelles technologies. Ce type de maladie s'est avéré être l'une des principales causes de décès dans le monde aujourd'hui. Avec la propagation des pandémies que le monde a connues et dont les séquelles sont imprévisibles, les experts de la santé recommandent une détection précoce de ces maladies. Réactivité et suivi quotidien pour réduire les dysfonctionnements cardiovasculaires et le risque de la mort.

Notre projet vise la conception d'un prototype qui permet de mesurer le taux de saturation en oxygène et le pouls chez le patient afin d'éviter d'éventuelles complications, aussi faciliter l'intervention du médecin pour prendre en charge le malade.

Ce travail intitulé « saturomètre de pouls » est basé sur la carte Arduino nano et le capteur MAX30102, dont l'objectif est de mesurer taux d'oxygène dans le sang et les nombres des battements de cœur par minute.

Le mémoire s'organise autour de trois chapitres. Le premier chapitre introduit les notions de base sur le système cardiovasculaire et la respiration et les travaux déjà présents dans la littérature. Le second chapitre porte sur la conception et le choix des composants. Enfin le chapitre trois se décline sous la forme d'une étude applicative d'un système.

# Chapitre I : *Généralités*

## 1. Introduction :

L'air inspiré est chargé en oxygène (O2) et pénètre dans les poumons jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Dans la réalité, ces petits sacs très vascularisés ne mesurent que quelques millimètres, mais sont présents en très grand nombre : 300 à 450 millions par poumon.

Par le jeu des différences de pressions partielles, les molécules d'O2, passent dans les capillaires sanguins qui entourent l'alvéole et se fixent sur l'hémoglobine (une protéine riche en fer) des globules rouges. Cette hémoglobine riche en O2, ou oxyhémoglobine, est acheminée par la veine pulmonaire jusqu'au cœur, où elle rejoint la circulation générale. Elle est conduite, via les artères, jusqu'aux organes qui, à leur tour, vont procéder à un échange de gaz.

Pour assurer leurs fonctions, les organes utilisent, entre autres, l'oxygène comme source d'énergie. Ils le puisent donc dans l'oxyhémoglobine du sang arrivant des artères. Par ailleurs, l'activité cellulaire produit différents déchets à éliminer, comme le gaz carbonique (CO2). Celui-ci passe dans le sang où il se fixe à son tour à l'hémoglobine. Les globules rouges, chargés en CO2, sont conduits par le système veineux jusqu'au cœur, puis jusqu'aux poumons par l'artère pulmonaire. Là, dans les alvéoles, le jeu des pressions expulse le CO2 sous forme de gaz, éliminé au cours de l'expiration. [1]

## 2. Le Fonctionnement du cœur :

Le cœur sert à faire circuler le sang, c'est-à-dire il joue le rôle d'une pompe, c'est un muscle qui se contracte et se relâche , il a une fréquence précise pour la contraction et pareil pour le relâchement , et cette fréquence produit un courant électrique qui provoque la contraction , on peut dire que le cœur est comme une pompe reliée à un mécanisme d'horlogerie , quand ce dernier mécanisme ne fonctionne pas comme il faut , le cœur passe par des troubles du rythme et les battements deviennent soit plus lentes soit plus vites et plus précisément d'une façon irrégulière .

Une personne saine et en bonne santé a généralement une rythme cardiaque régulier, ni trop vite ni trop lent, mais des fois le cœur ayant un trouble du rythme bat de façon irrégulière, le trouble peut être permanent ou bien de façon intermittente (c'est-à-dire il ne survient qu'à certains moments)

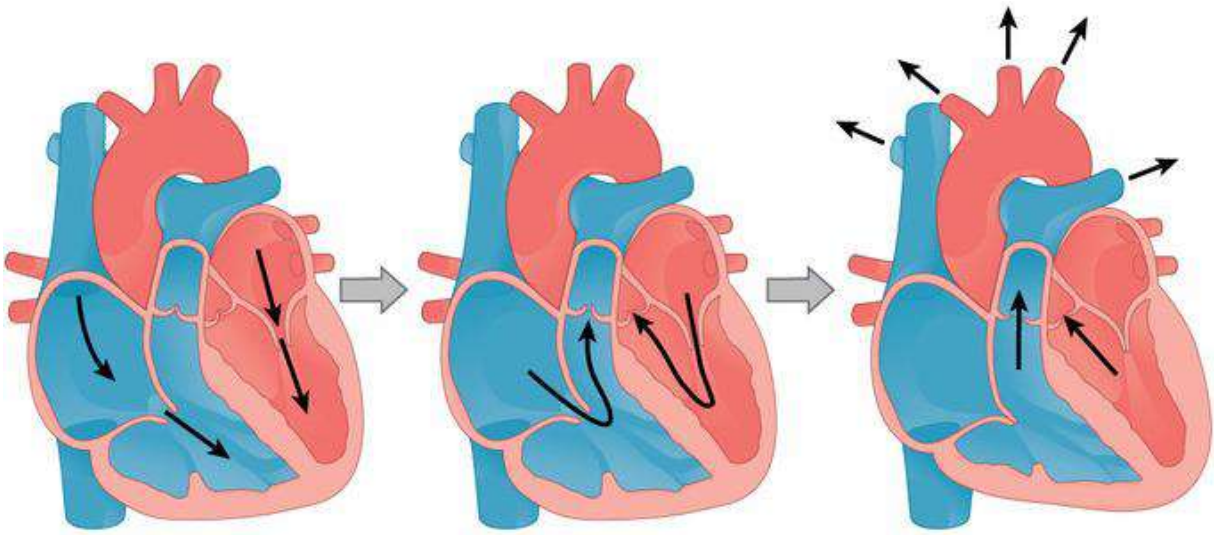


**Figure I. 1:** Le cycle cardiaque : Remplissage passif, puis actif, et contraction du ventricule gauche.

## 3. La Fréquence cardiaque normale au repos :

C'est le nombre des battements par minute quand le cœur est en état de repos, cette fréquence au repos est plus lente sauf dans le cas du stress ou un effort qui accélèrent cette dernière, il n'y a pas un chiffre précis pour définir la fréquence cardiaque normale,

La fréquence cardiaque au repos varie entre 60 à 100 bpm (battement par minute), généralement une fréquence cardiaque plus basse au repos mène vers un meilleur fonctionnement cardiaque et une meilleure forme cardiovasculaire, par exemple, un athlète bien entrainé peut avoir une fréquence cardiaque normale au repos plus proche de 40 bpm.

Il y'a plusieurs facteurs qui influencent sur notre rythme cardiaque, notamment :

- Emotions.
- Être fumeur.
- L'Age.
- Niveaux de condition physique et d'activité.
- Médicaments.
- Température de l'air.

Vu que y'en a nombreux facteurs qui influencent sur le rythme cardiaque normal au repos, alors ces normes peuvent se varier d'une personne à l'autre par exemple un athlète et un fumeur n'ont pas le même rythme cardiaque normal dans l'état de repos

**Tableau I. 1:** Indication sur le rythme cardiaque au repos pour une personne adulte ne ressentant pas de malaise

| Nombre de battement par minute (BPM) | Indications générales |
|---|---|
| Entre 30 et 40 | Rythme cardiaque trop lent, il est recommandé d'en parler en à son médecin |
| Entre 41 et 49 | Rythme lent, cela peut être normal chez un athlète de fond entrainé (marathonien, cycliste par ex.). |
| Entre 50 et 85 | C'est le rythme au repos de la majorité des personnes, C'est un rythme normal dans un contexte normal |
| Entre 86 et 90 | Rythme un peu rapide au repos, cela correspondre à un manque d'exercice physique. |
| Entre 91 et 99 | Rythme rapide au repos, cela peut correspondre à un manque d'exercice physique (sauf maladie cachée) |
| Entre 100 et 119 | Rythme franchement rapide au repos : cela peut évoquer une anomalie cardiaque, une maladie de la thyroïde mais aussi correspondre à un manque d'exercice, mieux vaut en parler à son médecin |
| Entre 120 et 170 | Rythme trop rapide, après dix minutes de repos c'est très anormal, il faut avertir son médecin |

## 4. La bonne fréquence cardiaque au repos :

Le cœur d'un nourrisson bat très vite, sa fréquence cardiaque ralentit ensuite, au rythme de sa croissance et sous l'effet de l'activité physique :

- 120-160 BPM chez le nouveau-né
- 100-120 BPM chez l'enfant,
- 80-85 BPM chez l'adolescent
- 80 BPM chez l'adulte sédentaire
- 50 BPM chez l'adulte sportif
- 60-80 BPM chez le sénior. [2]

## 5. Rythme cardiaque :

### 5.1 Rythme cardiaque rapide (tachycardie) :

La tachycardie est une maladie qui fait battre le cœur trop vite, un cœur en bonne santé bat entre 50 et 85 fois par minute dans un cas normal, le stress ou la peur peuvent accélérer le rythme cardiaque, mais ça reste une réaction normale, durant une tachycardie le cœur bat entre 100 jusqu'à 400 BPM, et dans ce cas le cœur n'est pas capable de pomper le sang effectivement vers le cerveau.

**Les causes :**

La tachycardie a plusieurs raisons, les plus importantes sont les suivantes :

- Le stress affectif ou la consommation de grandes quantités des boissons alcoolisées, caféine ou psychotrope.
- Une pathologie cardiaque, telle qu'une hypertension.
- Une mauvaise irrigation sanguine du cœur provoquée par une insuffisance coronarienne, une maladie des valves cardiaques.

**Les symptômes :**

Les symptômes suivants sont souvent associés à une tachycardie :

- Vertige.
- Faiblesse soudaine.
- Palpitations.
- Respiration courte.

### 5.2 Rythme cardiaque lent (Bradycardie) :

La bradycardie est une maladie qui se caractérise par un rythme cardiaque trop lent, dans un cas normal un cœur bat entre 50 et 80 BPM, mais durant une bradycardie le cœur bat à moins de 50 BPM.

A ce rythme le cœur n'est pas capable de pomper suffisamment de sang riche en oxygène vers le cerveau et le reste du corps, c'est pour ça que durant les activités quotidiennes ou durant des exercices du sport une personne peut avoir la tête qui tourne ou se sentir faible.

**Les causes :**

La bradycardie peut apparaitre pour plusieurs raisons, les plus courantes sont les suivantes :

Un problème de conduction cardiaque (le signal électrique parcourant le cœur est bloqué ou irrégulier)

- Le vieillissement naturel du cœur.
- Certaines maladies ou certains médicaments cardiaques.

**Les symptômes :**

Les symptômes suivants sont souvent associés à une bradycardie :

- Essoufflement.
- Manque d'énergie chronique.
- Etourdissement.

## 6. Mesure de la fréquence cardiaque :

On a plusieurs méthodes pour mesurer la fréquence cardiaque, parmi ces méthodes y'en a :

- Compter le nombre de battements ainsi ressentis pendant une minute précisément.
- Placer deux doigts (l'index et le majeur) sur une artère, au niveau du poignet par exemple, ou sur le cou. [3]

## 7. L'Hémoglobine :

C'est une protéine contenue dans les globules rouges, auxquels elle donne leur couleur, et qui véhicule l'oxygène dans le sang. L'hémoglobine (Hb) est synthétisée par les précurseurs des globules rouges pendant leur formation dans la moelle osseuse. Elle sert à transporter le gaz carbonique des organes (cœur, muscles) vers les poumons, et surtout l'oxygène des poumons, vers tous les tissus de l'organisme. L'hémoglobine est un pigment rouge vif, quand elle est oxygénée (couleur du sang des artères de la grande circulation), bleu quand elle a perdu son oxygène (veines de la grande circulation). [4]

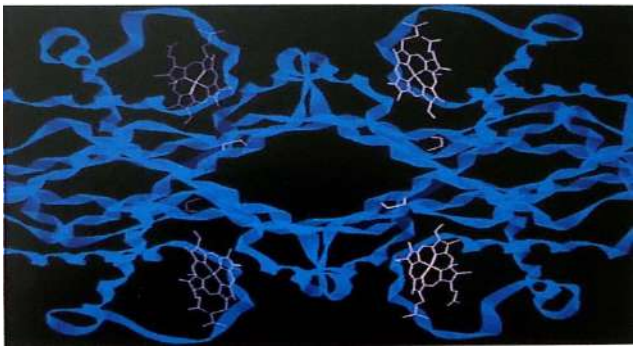


**Figure I. 2 :** Les quatre chaines de la globine (en bleu) abritent l'hème (en rose)

## 8. La circulation sanguine :

C'est le mouvement du sang dans les différents vaisseaux sous l'impulsion de la pompe cardiaque, la circulation sanguine fournit aux cellules de l'organisme, par l'intermédiaire du sang, l'oxygène et les substances dont elles ont besoin pour survivre et jouer leur rôle dans le fonctionnement des organes.

Pour ce faire le sang emprunte deux circuits : le premier, appelé circulation pulmonaire, ou petite circulation, lui permet de réoxygéner au contact des alvéoles pulmonaires ; le second, appelé circulation systémique, ou grande circulation, irrigue les organes en sang réoxygéné. Tous les échanges gazeux entre sang et organes s'effectuent par l'intermédiaire des capillaires, ramifications terminales de très petite taille des vaisseaux sanguins.

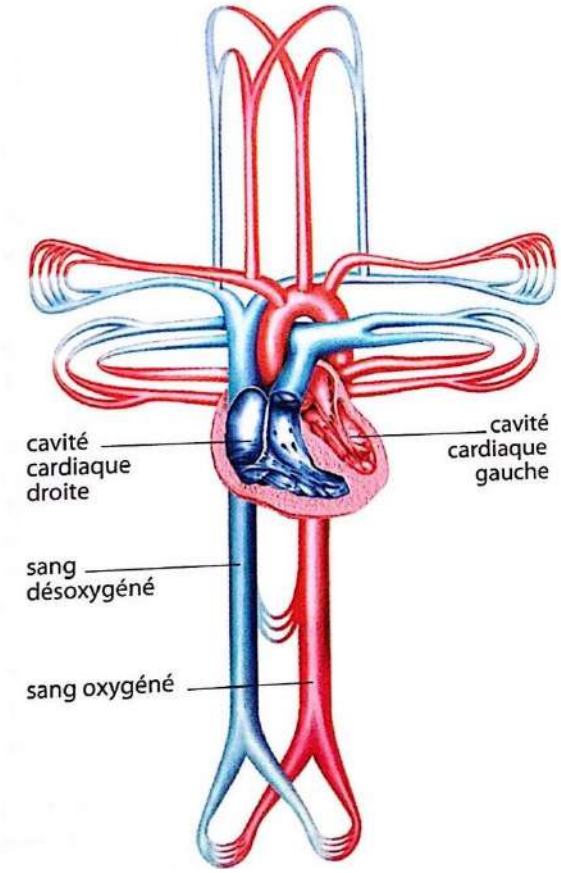



**Figure I. 3:** La circulation sanguine.

### 8.1 La circulation pulmonaire :

Amène le sang veineux (sang pauvre en oxygène et riche en gaz carbonique) au contact des alvéoles pulmonaires pour le réoxygéner totalement et éliminer son gaz carbonique en excès. Elle s'effectue par l'artère pulmonaire qui naît du ventricule droit et se subdivise en un grand nombre de branches, se ramifiant elles-mêmes en une multitude de capillaires. Après s'être réoxygéné, le sang regagne le cœur par des veinules, des veines puis de grosses veines pulmonaires (au nombre de quatre), qui dé bouchent dans l'oreillette gauche. La petite circulation fonctionne à basse pression, la pression maximale ne dépassant pas normalement 25 millimètres de mercure dans l'artère pulmonaire.

### 8.2 La circulation systémique :

Amène aux cellules le sang artériel, riche en oxygène et pauvre en gaz carbonique. Elle se fait par l'aorte, qui naît du ventricule gauche et donne elle-même naissance à un grand nombre de branches (artères, artérioles) qui irriguent l'ensemble de l'organisme. Une fois les échanges entre oxygène et gaz carbonique effectués dans les organes à travers les parois des capillaires,

le sang regagne le cœur par l'intermédiaire de veinules, de veines puis de veines de gros calibre, qui débouchent, pour la moitié inférieure du corps, dans la veine cave inférieure, pour la moitié supérieure du corps, dans la veine cave supérieure ; les deux veines caves se jettent dans l'oreillette droite. La grande circulation est un système à haute pression, la pression maximale atteignant chez le sujet normal de 100 à 140 millimètres de mercure dans l'aorte et dans ses branches. [5]

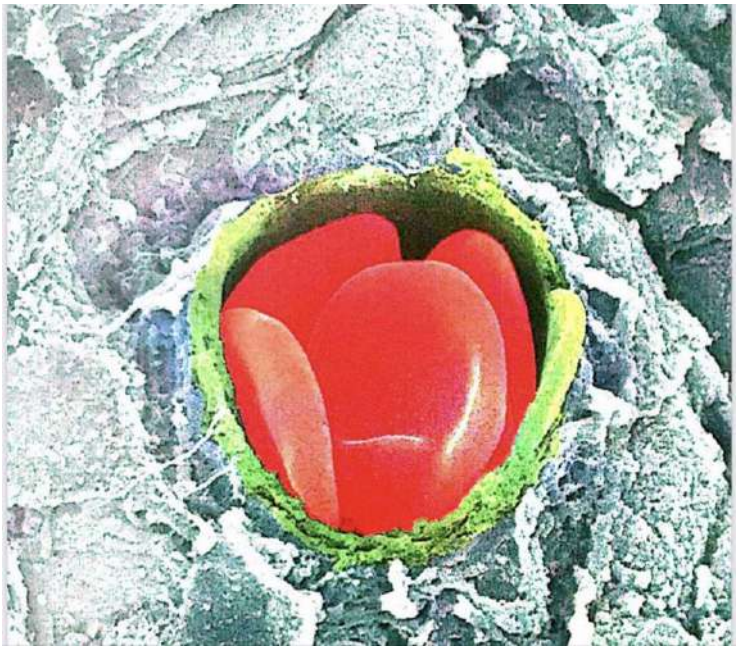


**Figure I. 4 :** dans ce capillaire, on ne voit que les globules rouges, qui transporte l'oxygène ; le plasma les entourant contient les nutriments, les hormones, etc.

## 9. Le taux de saturation en oxygène :

Le sang transporte l'oxygène vers tous les tissus et le dioxyde de carbone vers les poumons pour l'éliminer du corps. Une petite quantité d'oxygène est transportée par le plasma. La plupart d'entre eux sont transportés par l'hémoglobine dans les globules rouges. L'oxygène sanguin est exprimé de trois façons :

- Saturation du transporteur majeur d'hémoglobine (SaO2),
- Pression sur le sang dissous (PaO2)
- Son taux dans le sang (CaO2).

Si vous avez des problèmes respiratoires, votre sang contient moins d'oxygène et plus de dioxyde de carbone. Les niveaux d'oxygène peuvent être mesurés de deux manières : la

saturation en oxygène (mesurée avec SaO2, le sang artériel, la SpO2, un compteur de saturation en oxygène pulsé ou un compteur de saturation) et la pression partielle en oxygène (PaO2).

La saturation en oxygène (SaO2) est le pourcentage d'hémoglobine de saturation en oxygène (oxyhémoglobine) par rapport à la quantité totale d'hémoglobine dans le sang.

La saturation en oxygène est mesurée pour évaluer la fonction du sang, qui est l'oxygénation du sang.

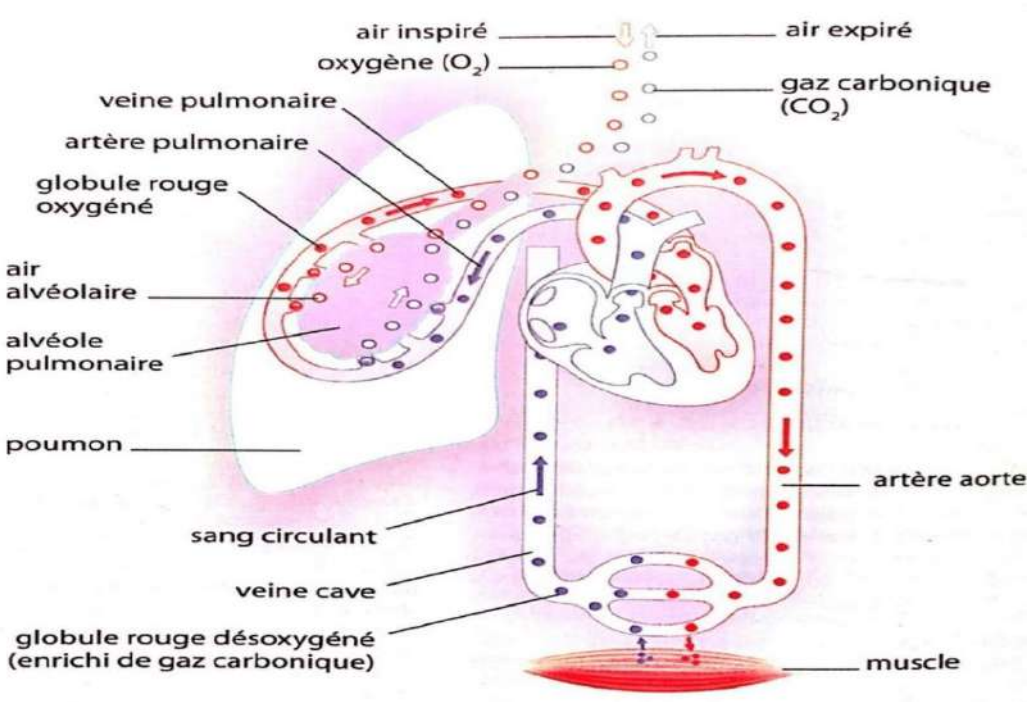



**Figure I. 5 :** Appareil respiratoire

## 10. Les différentes mesures du taux de saturation en oxygène :

La saturation en oxygène peut être mesurée de deux manières :

### 10.1 Prélever du sang artériel (mesure des gaz sanguins) :

Des échantillons de sang sont prélevés dans les artères. C'est la seule technologie qui permet une mesure fiable et définitive des gaz du sang. La réalisation d'un compteur de gaz artériel permettra l'analyse de l'équilibre acido-basique (pH) et les mesures de la pression artérielle en oxygène (PaO2) et en dioxyde de carbone (PaCO2) pour reconnaître l'état respiratoire. La saturation en hémoglobine en oxygène mesurée par prélèvement de sang artériel

est exprimée en Sao2. La saturation en oxygène est mesurée directement dans les globules rouges.

### 10.2 Avec oxymètre de pouls ou saturomètre (plus facile à utiliser) :

Un oxymètre de pouls, ou compteur de saturation, est un appareil non invasif qui mesure la saturation en oxygène du sang. Cet appareil est très couramment utilisé dans les hôpitaux pour surveiller les patients souffrant de dyspnée ou d'assistance ventilatoire invasive ou non invasive (oxygénothérapie). Équipé d'un émetteur et d'un récepteur optique, il permet de mesurer la saturation en oxygène du sang. Il pénètre les tissus, le plus souvent les doigts et les orteils des adultes, ainsi que les lobes du nez et des oreilles, et les mains et les pieds des nourrissons. La saturation en oxygène de l'hémoglobine mesurée par oxymétrie de pouls est exprimée en SpO2 (p signifie saturation du pouls). Nous parlons de la saturation en oxygène pulsé de l'hémoglobine.

## 11. Indications de la mesure du taux de saturation en oxygène :

Il existe plusieurs signes pour mesurer la saturation en oxygène à l'aide d'un oxymètre à impulsions pour adultes :

- Dans la salle de surveillance pendant ou après la chirurgie
- Aux urgences
- Les établissements de soins intensifs, en particulier les personnes qui sont ou peuvent être ventilées.

La mesure de la saturation en oxygène a également des signes chez les enfants :

- Évaluation de la gravité des maladies respiratoires (bronchiolite, pneumonie, asthme, etc.)
- Évaluation de la gravité de la bronchiolite chez les nourrissons. Une saturation inférieure à 94 % est l'un des indicateurs de gravité.
- Évaluer l'efficacité des aérosols.
- Détection d'une éventuelle maladie cardiaque dans la cyanose du nouveau-né.

Le gaz sanguin artériel est utilisé lorsqu'une maladie respiratoire grave ou des troubles métaboliques graves sont suspectés**.**

### 11.1 Les normes de saturation en oxygène :

La saturation en oxygène normale pour une personne en bonne santé est comprise entre 95% et 100% en fonction de l`âge. SpO2 (Saturation pulsée mesurée avec un oxymètre de pouls). Elle est insuffisante en dessous de 95%. On parle d`hypoxémie. La notion d`hypoxémie s`applique pour toute insuffisance d`oxygénation du sang et donc dès que la SpO2 est inférieure à 95%. Une limite de 90 % indique une hypoxémie, ce qui équivaut à une insuffisance respiratoire. La saturation artérielle normale en oxygène (SaO2) varie de 96% à 98% chez les jeunes adultes et 95% chez les personnes de plus de 70 ans. S'il est inférieur à 90 %, on parle de désaturation. La désaturation correspond également à une diminution de quatre points de saturation par rapport à la ligne de base (par exemple, en travaillant).

Une SpO2« normale » pour un enfant correspond à une valeur supérieure à 95 %. Un taux de SpO2 inférieur à 94% chez un enfant est un critère de gravité et conduit à une hospitalisation. La mesure de la SpO2 est très importante chez l`enfant, car un enfant n`apparaît cyanosé (teint bleuté) que lorsque la SaO2 est inférieure à 75 % et car les gazométries artérielles sont très peu réalisées chez l`enfant. L`oxymètre de pouls est essentiel pour détecter une hypoxie débutante.

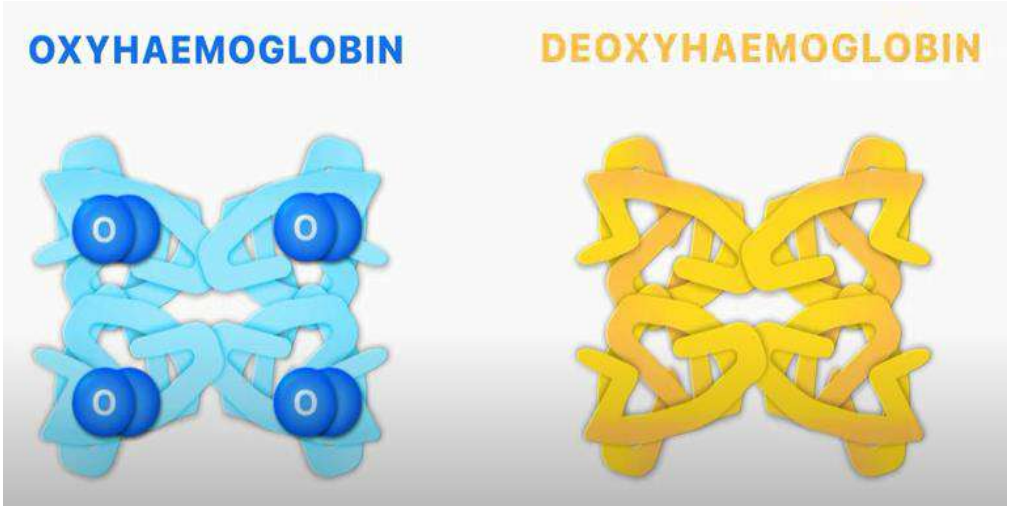



**Figure I. 6 :** Sang oxyhémoglobine en bleu, sang désoxyhémoglobine en jaune

### 11.2 Taux de saturation bas :

On parle d`hypoxémie lorsque la valeur de la saturation en oxygène est inférieure à 93%. Le principal risque est une maladie cellulaire (ischémie) due à un apport insuffisant d'oxygène à divers tissus du corps. Une hypoxémie aiguë peut survenir après une exacerbation aiguë de l'asthme, une insuffisance cardiaque aiguë, une pneumonie ou une maladie pulmonaire

obstructive chronique (MPOC), une embolie pulmonaire, un épanchement pleural ou une exacerbation aiguë.

### 11.3 Symptômes d'un taux de saturation en oxygène bas :

L'hypoxémie (moins de 93 % de saturation en oxygène) se manifeste par un essoufflement, une respiration accélérée et superficielle, et une peau bleutée (cyanose), autant d'éléments moins spécifiques que l'oxymétrie de pouls, la sensibilité sera faible.

### 11.4 Traitements de l'hypoxémie

L'oxygénothérapie peut être utilisée en cas d'hypoxémie (saturation en oxygène inférieure à 93). L'oxygène peut être administré par voie intranasale (lunettes) ou par voie intranasale et orale (masque), mais peut également être administré par ventilation mécanique (ventilateur, intubation) ou par circulation extracorporelle (ECMO). La quantité d'oxygène fournie est contrôlée par les gaz sanguins artériels ou l'oxygénation pulsée pour maintenir Pao2 à 60-80 mm Hg (saturé à 92-100 %) sans provoquer de toxicité de l'oxygène. [6]

### 11.5 Taux de saturation trop élevé

Trop d'apport d'oxygène pendant l'oxygénothérapie peut entraîner une hyperoxie. L'hyperoxie est dangereuse pour les personnes en arrêt respiratoire.

### 11.6 Faible saturation en oxygène et COVID 19

Le COVID 19 peut provoquer une faible saturation en oxygène. Les cas les plus graves de COVID peuvent provoquer une pneumonie, qui provoque un syndrome de détresse respiratoire aiguë. Les symptômes sont assez légers au début. Pour cette raison, les médecins peuvent surveiller la saturation en oxygène avec un oxymètre. La dyspnée et l'essoufflement sont des signes d'appel d'une équipe d'ambulance.

## 12. Conclusion :

Ce chapitre, décrit le fonctionnement de l'appareil respiratoire et le cœur, ainsi que le rythme cardiaque. Ensuite, une brève étude sur le rôle de l'hémoglobine dans le transport du sang en oxygène, aussi la circulation sanguine. Enfin, le principe du taux de saturation en oxygène.

# Chapitre II : *Conception et choix des composants*

## 1. Introduction :

Ce chapitre, vient pour mettre en œuvre la mise en place d'un oxymètre de pouls, expliquer son fonctionnement. Il est consacré à la description des différents blocs composant du système électronique que nous allons réaliser.

## 2. Le principe de fonctionnement d'un oxymètre de pouls :

L'oxymétrie sert à effectuer une mesure sanguine de manière non invasive, car il n'effectue aucun prélèvement. En fait, son principe de fonctionnement est simple, la molécule d'hémoglobine comporte quatre atomes de fer qui ont la capacité de capturer l'oxygène et de le redistribuer ensuite, le sang se sature en oxygène dans les poumons, et se dénature le long de son parcours dans le corps, c'est ce taux d'oxygène dans le sang qu'analyse le saturomètre.

L'oxymètre de doigt émet deux lumières , une infrarouge et une lumière rouge , un capteur permet d'analyser le coefficient de saturation selon l'absorption de la lumière , la lumière rouge ( longueur d'onde 660nm) et la lumière infrarouge ( longueur d'onde 920nm ) traversent la peau , la transparence qui en ressort permet de quantifier le taux de saturation sanguin en oxygène (SpO2) selon le rapport entre la concentration en oxyhémoglobine (CHbO2) dans le sang et la concentration totale d'hémoglobine (Cb) dans le sang , on appelle cette technique de mesure le principe d'abondance , c'est pour ce besoin de transparence de la peau que l'on place l'oxymètre des pouls au niveau d'une extrémité à peau fine afin d'obtenir un meilleur coefficient de saturation.

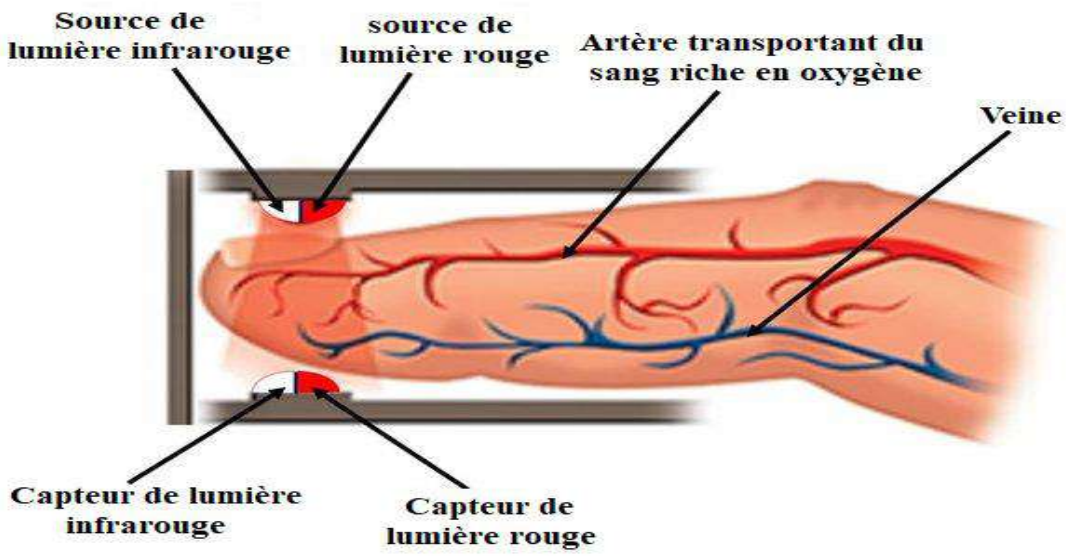



**Figure II. 1:** Principe de fonctionnement d'un oxymètre des pouls

## 3. La mesure de la fréquence cardiaque :

Pour mesurer la fréquence cardiaque, nous n'avons pas besoin de la LED rouge, seule la LED IR est nécessaire. En effet, l'hémoglobine oxygénée absorbe plus de lumière infrarouge. Le fonctionnement de ce capteur pourrait être vérifié en plaçant un doigt humain devant ce capteur. Lorsqu'un doigt est placé devant ce capteur de pouls, la réflexion de la lumière infrarouge est modifiée en fonction du volume de sang à l'intérieur des vaisseaux capillaires. Cela signifie que pendant le rythme cardiaque, le volume de sang dans les vaisseaux capillaires sera élevé, puis sera faible après chaque battement de cœur. Ainsi, en modifiant ce volume, la lumière LED est modifiée. Ce changement de la lumière LED mesure le rythme cardiaque d'un doigt. [7]

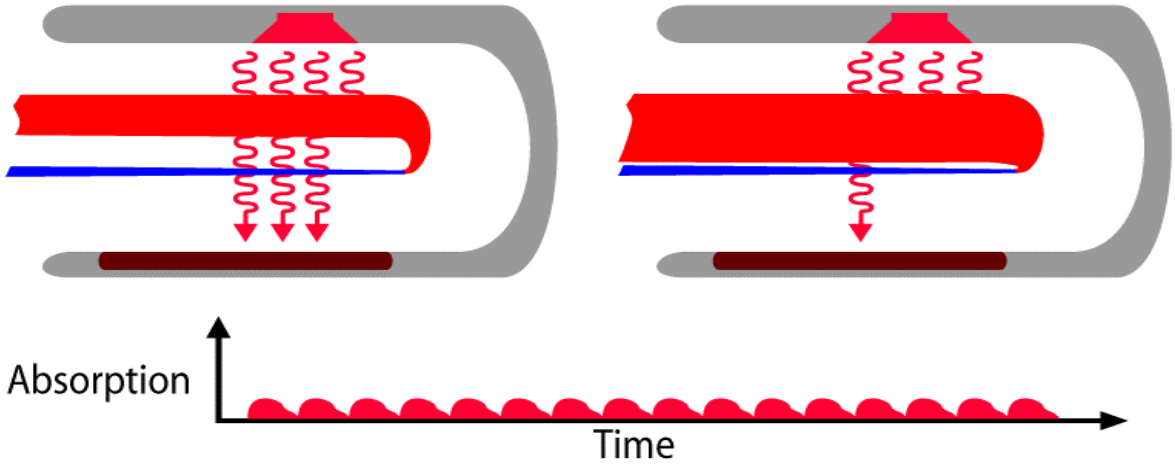



**Figure II. 2 :** Principe de mesure de la fréquence cardiaque

## 4. Le MAX30102 :

Les MAX30101 et MAX30102 sont des capteurs de la société Maxim Integrated, C'est les successeurs du MAX30100 abandonné et ils offrent une précision et une fiabilité améliorées par rapport à leur prédécesseur. En plus d'un ADC très précis et d'une annulation améliorée de la lumière ambiante, les MAX30101 et MAX30102 contiennent des fonctionnalités supplémentaires telles que la détection de proximité pour économiser de l'énergie et des registres d'état étendus pour une meilleure surveillance du système.

Le MAX30100/MAX30102 contient des LED rouges/IR tandis que le MAX30101 a des LED rouges/vertes/IR. [8]

**Tableau II. 1 :** les améliorations apportées au module MAX30102 sur le MAX30100

| MAX30100 | MAX30102 |
|---|---|
| 16 bits FIFO | 32 bits FIFO |
| Résolution ADC 16 bits | Résolution ADC 18 bits |
| 200 us-1,6 ms de largeur d'impulsion LED | 69 us-114 us de largeur d'impulsion LED |

## 4.1 Description générale :

Le MAX30102 est un oxymètre de pouls intégré et un module moniteur de fréquence cardiaque. Il comprend des LED internes, photodétecteurs, éléments optiques et électroniques à faible bruit avec rejet de la lumière ambiante. Le MAX30102 fournit une solution système complète pour faciliter le processus de conception pour les appareils mobiles et portables.

Le MAX30102 fonctionne sur une seule alimentation 1,8 V et une alimentation séparée de 3,3 V pour les LED internes. La communication se fait via l'interface I2C. Le module peut être arrêté via le programme avec un courant de veille nul, permettant aux pins d'alimentation de rester alimentés à tout moment.

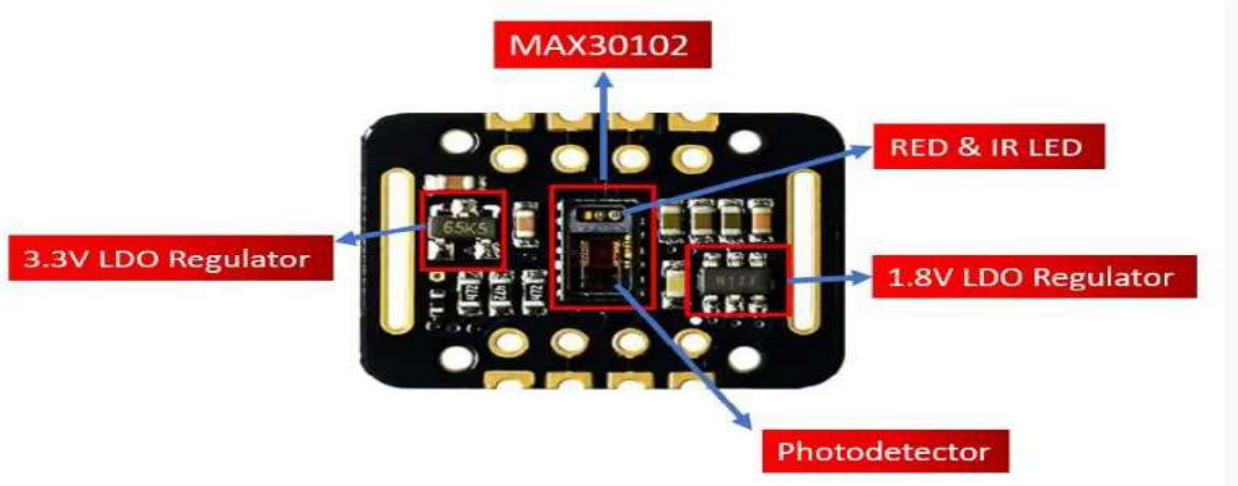



**Figure II. 3 :** le schéma du module MAX30102

## 4.2 Avantages et fonctionnalités :

- Moniteur de fréquence cardiaque et capteur d'oxymètre de pouls dans une solution réfléchissante LED.
- Module optique minuscule de 5,6 mm x 3,3 mm x 1,55 mm à 14 broches.
- Verre de protection intégré pour des performances optimales et robustes.
- Fonctionnement à très faible consommation d'énergie pour les appareils mobiles.
  - Fréquence d'échantillonnage et courant LED programmables pour économiser de l'énergie.
  - Moniteur de fréquence cardiaque basse consommation (< 1 mW).
  - Courant d'arrêt ultra-faible (0,7 µA).
- Capacité de sortie de données rapide.
- Taux d'échantillonnage élevés.
- Résilience robuste aux artefacts de mouvement.
- Rapport signal/bruit élevé.
- Plage de températures de fonctionnement (-40°C à +85°C).

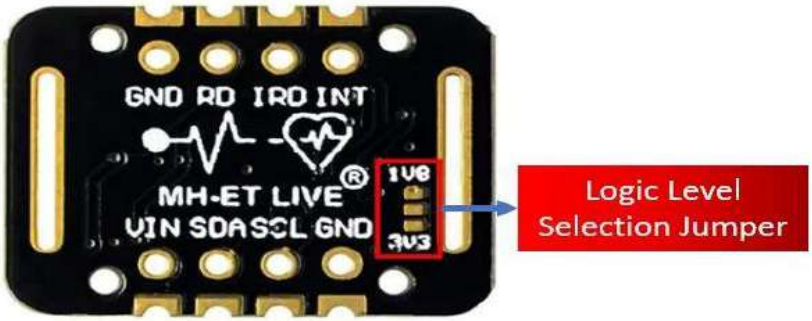



**Figure II. 4 :** l'ajout des régulateurs de tension au capteur 30102

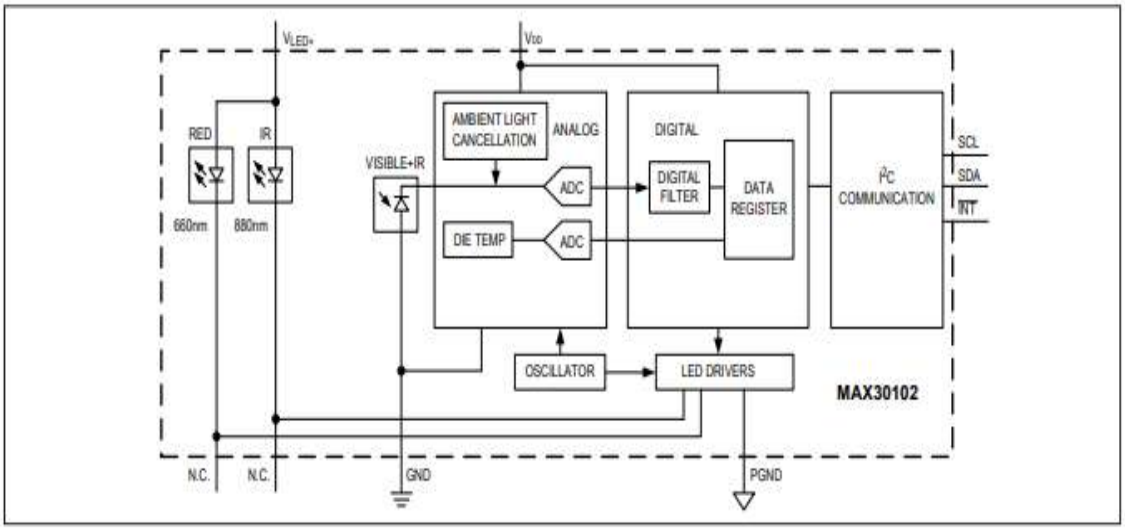



**Figure II. 5 :** Diagramme fonctionnel du module MAX30102.

## 4.3 Information d'applications :

### 4.3.a Fréquence d'échantillonnage et performances :

La fréquence d'échantillonnage maximale pour l'ADC dépend de la largeur d'impulsion sélectionnée, qui à son tour, détermine la résolution de l'ADC. Par exemple, si la largeur d'impulsion est définie sur 69 µs alors la résolution ADC est de 15 bits, et tous les taux d'échantillonnage sont sélectionnables. Cependant, si la largeur d'impulsion est réglée sur 411 µs, alors les taux d'échantillonnage sont limités. Les fréquences d'échantillonnage autorisées pour les modes SpO2 et HR sont résumées dans le tableau suivant.

**Tableau II. 2:** Fréquence d'échantillonnage pour le mode SpO2 et HR

$SpO_2$ Mode ( paramètres autorisés )

| Échantillons par seconde | La largeur d'impulsion (µs) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 69 | 118 | 215 | 411 |
| 50 | O | O | O | O |
| 100 | O | O | O | O |
| 200 | O | O | O | O |
| 400 | O | O | O | O |
| 800 | O | O | O | |
| 1000 | O | O | | |
| 1600 | O | | | |
| 3200 | | | | |
| Resolution (bits) | 15 | 16 | 17 | 18 |

HR Mode ( paramètres autorisés )

| Échantillons par seconde | La largeur d'impulsion (µs) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 69 | 118 | 215 | 411 |
| 50 | O | O | O | O |
| 100 | O | O | O | O |
| 200 | O | O | O | O |
| 400 | O | O | O | O |
| 800 | O | O | O | O |
| 1000 | O | O | O | O |
| 1600 | O | O | O | |
| 3200 | O | | | |
| Resolution (bits) | 15 | 16 | 17 | 18 |

### 4.3.b Utilisation du MAX30102 avec Arduino :

Le MAX30102 communique via I2C, donc pour utiliser le modèle noir avec un Arduino, il suffit de le connecter comme n'importe quel autre appareil I2C. Cependant, le modèle vert utilise 3,3 niveaux logiques et vous aurez donc besoin de décaleurs de niveau logique pour l'utiliser en toute sécurité avec l'Arduino. [9]

## 5. La plateforme Arduino :

Arduino est une plate-forme électronique open source basée sur du matériel et des logiciels faciles à utiliser. Les cartes Arduino sont capables de lire les entrées (lumière sur un capteur, un doigt sur un bouton …) de les traiter et de les transformer en une sortie (en activant un moteur, en allumant une LED, en publiant quelque chose en ligne…). Nous pouvons dire à notre carte quoi faire en envoyant un ensemble d'instructions au microcontrôleur sur la

carte. Pour ce faire, nous utilisons le langage de programmation Arduino (basé sur Wiring ) et le logiciel Arduino (IDE).

### 5.1 Arduino nano :

L'Arduino Nano est une petite carte complète et compatible avec les breadboard basée sur l'ATmega328 (Arduino Nano 3.x). Il a plus ou moins les mêmes fonctionnalités que l'Arduino Duemilanove, mais dans un package différent. Il ne manque qu'une prise d'alimentation CC et fonctionne avec un câble USB Mini-B au lieu d'un câble standard.

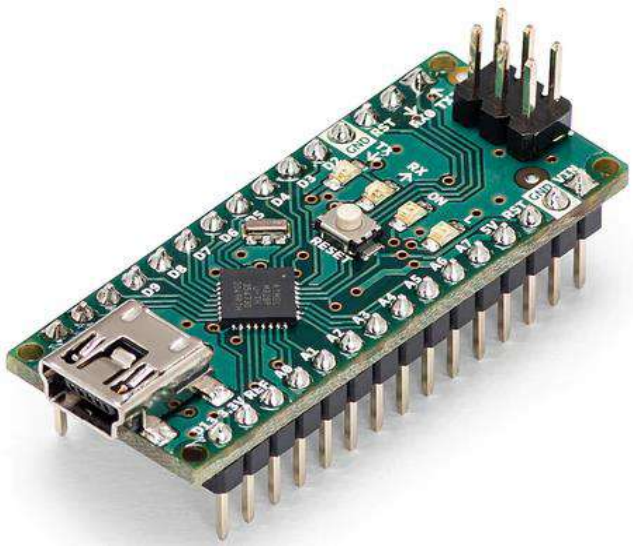


**Figure II. 6 :** La carte Arduino nano

**Avantages :**

- Moins chers - Les cartes Arduino sont relativement moins chers par rapport aux autres plates-formes de microcontrôleur.
- Multiplateforme - Le logiciel Arduino (IDE) fonctionne sur les systèmes d'exploitation Windows, Macintosh OSX et Linux.
- Environnement de programmation simple et clair - Le logiciel Arduino (IDE) est facile à utiliser pour les débutants, mais suffisamment flexible pour que les utilisateurs avancés en profitent également.
- Logiciel open source et extensible - Le logiciel Arduino est publié sous forme d'outils open source, disponibles pour extension par des programmeurs expérimentés. Le langage peut être étendu via les bibliothèques C++, et les personnes souhaitant

comprendre les détails techniques peuvent passer d'Arduino au langage de programmation AVR C sur lequel il est basé.

- Matériel open source et extensible - Les plans des cartes Arduino sont publiés sous une licence « Creative Commons », afin que les concepteurs de circuits expérimentés puissent créer leur propre version du module, l'étendre et l'améliorer.

**Tableau II. 3 :** Spécifications techniques de l'Arduino nano

| | |
|---|---|
| **MICROCONTRÔLEUR** | ATmega328 |
| **ARCHITECTURE** | RAV |
| **TENSION DE FONCTIONNEMENT** | 5V |
| **MÉMOIRE FLASH** | 32 Ko dont 2 Ko utilisés par le bootloader |
| **SRAM** | 2 Ko |
| **VITESSE DE L'HORLOGE** | 16 MHz |
| **BROCHES D'ENTRÉE ANALOGIQUES** | 8 |
| **EEPROM** | 1 Ko |
| **COURANT CC PAR BROCHES D'E/S** | 40 mA (broches E/S) |
| **TENSION D'ENTRÉE** | 7-12V |
| **BROCHES D'E/S NUMÉRIQUES** | 22 (dont 6 PWM) |
| **SORTIE PWM** | 6 |
| **CONSOMMATION D'ÉNERGIE** | 19 mA |

### 5.2 Brochage de l'Arduino Nano :

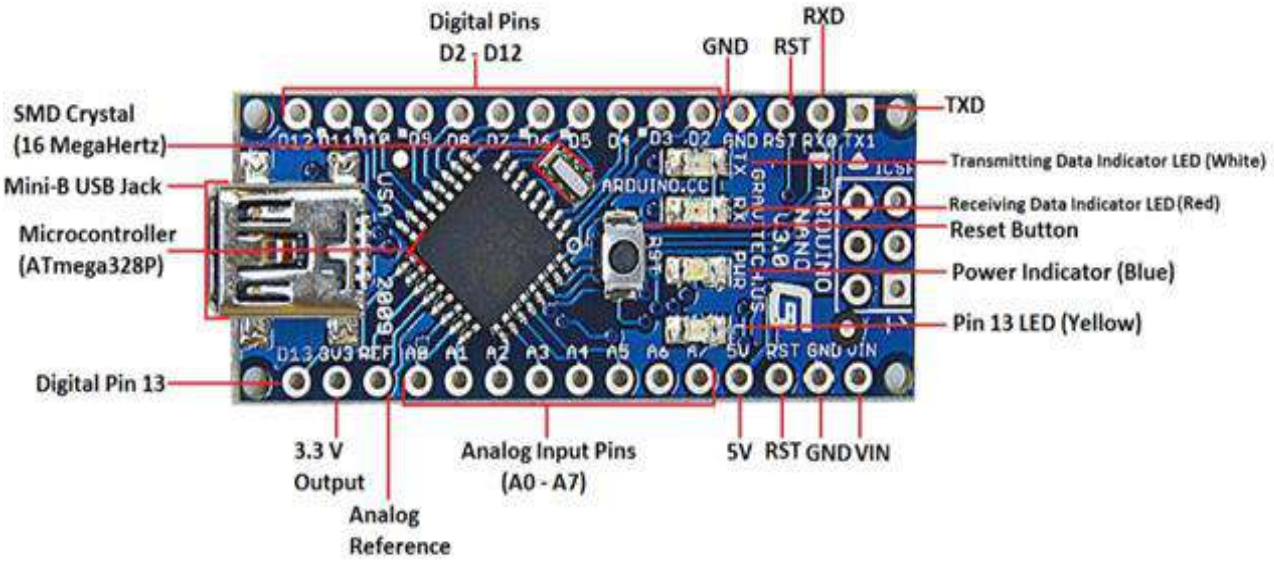



**Figure II. 7 :** Les différentes broches de l'Arduino nano

### 5.3 Alimentation de l'Arduino Nano :

- Connecteur USB MiniB : Le moyen le plus courant d'alimenter la carte Arduino Nano consiste à utiliser un câble USB. Vous pouvez utiliser un câble USB MiniB connecté au port USB de votre ordinateur portable, PC ou adaptateur secteur USB 5V. Ce cable est également utilisé pour programmer Arduino Nano
- Broche VIN : Vous pouvez également alimenter l'Arduino Nano avec une alimentation externe non régulée de 6 à 20 V connectée à la broche VIN (broche 30). Cette broche peut également être utilisée pour alimenter le microcontrôleur avec une batterie
- Broche + 5V : Il est également possible d'utiliser une alimentation externe stabilisée 5V reliée à la broche + 5V (broche 27). Cependant, cette méthode n'est pas recommandée car elle contourne les régulateurs de tension. Si vous souhaitez alimenter la carte de cette manière, vous devez vous assurer que le niveau de tension est stable et ne dépasse pas 5V. [10]

## 6. Le Buzzer :

Ce dispositif piézoélectrique convertit l'énergie électrique en vibration (son) à environ 400 Hz. Cette section décrit comment commander un buzzer avec Arduino pour émettre un son.

Les buzzers piézoélectriques sont constitués de membranes piézoélectriques et acceptent souvent une large gamme de tensions, telles que 3V à 20V. Il peut également être équipé d'un oscillateur interne à fréquence fixe (buzzer actif).

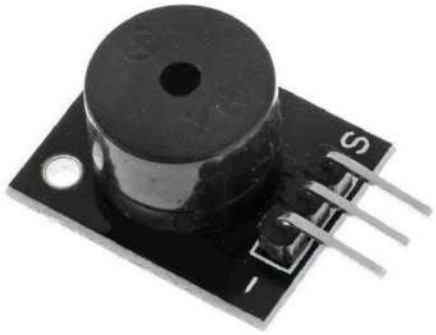



**Figure II. 8 :** buzzer passif

### 6.1 Fonctionnement de buzzer (élément piézo) :

Par rapport aux transducteurs sonores électromagnétiques traditionnels, les transducteurs piézocéramiques ont une conception simple. L'émetteur piézocéramique se compose d'une plaque métallique sur laquelle est appliquée une céramique piézoélectrique avec une pulvérisation conductrice. La plaque et la pulvérisation sont les contacts de l'émetteur piézoélectrique (buzzer), et le dispositif a une polarité – plus et moins.

Le principe de fonctionnement des émetteurs est basé sur l'effet découvert par les frères Curie en 1880. Dans les piézocristaux, des charges électriques sont générées sous l'action de forces mécaniques de cisaillement, de flexion ou de torsion. Outre l'effet « direct », il existe également l'effet inverse : si l'on applique de l'électricité au cristal, celui-ci commence à se déformer. Les oscillations fréquentes du cristal créent une onde sonore d'une fréquence donnée.

### 6.2 La différence entre Buzzer passif et actif :

Beaucoup sont intéressés par la différence entre le buzzer actif et le buzzer passif. Un buzzer actif génère du son tout seul à l'aide de son générateur et nécessite une tension continue. Le buzzer passif nécessite un signal PWM pour générer du son. Pour identifier un buzzer actif, appliquez-lui une tension constante, si le buzzer émet un bip, il est actif.

### Branchement du Buzzer Arduino :

Le montage de l'Arduino avec Buzzer est très simple, brancher la PIN VCC Buzzer à une Broche numérique (pin 12 par exemple) et la PIN Gnd au – Gnd Arduino. Il est possible d'utiliser ce buzzer pour créer des alarmes en tout genre. Certains modules actif Buzzer pour la

carte Arduino Uno peuvent avoir un défaut de câblage. Si aucun son ne se produit, essayez d'inverser le +5V et le GND. Il arrive que l'alimentation du buzzer soit mal câblée. [11]

## 7. Module Bluetooth HC-05 :

Le HC-05 est un module Bluetooth conçu pour la communication sans fil, ce module peut être utilisé dans une configuration maitre ou esclave.

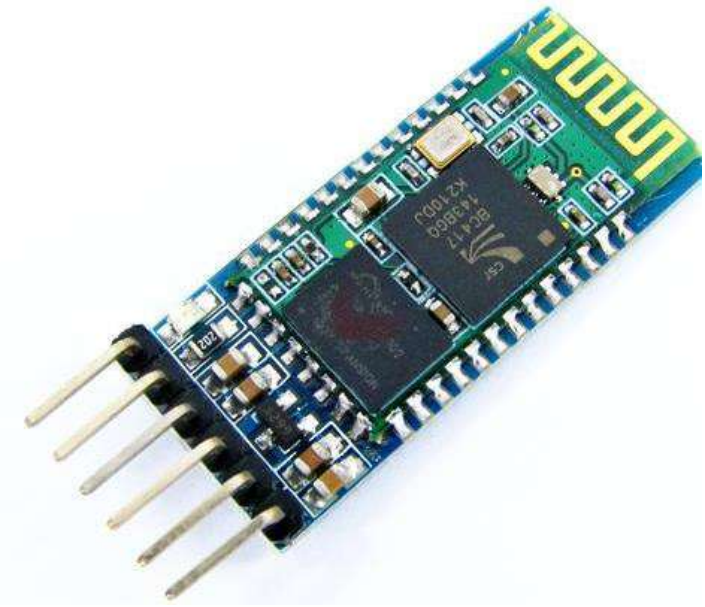


**Figure II. 9 :** le module Bluetooth HC-05

Les modules série Bluetooth permettent à tous les appareils compatibles série de communiquer entre eux via Bluetooth, Il a 6 broches :

1. **Touche/EN :** Elle est utilisée pour mettre le module Bluetooth en mode commandes AT. Si la broche Key/EN est réglée sur high, alors ce module fonctionnera en mode commande. Sinon, par défaut, il est en mode données. Le débit en bauds par défaut du HC-05 en mode commande est de 38 400 bps et de 9 600 en mode données.

   Le module HC-05 a deux modes,

   a) **Mode donnée :** Échange de données entre appareils.

   b) **Mode commande :** Il utilise les commandes AT qui sont utilisées pour modifier le réglage du HC-05. Pour envoyer ces commandes au module, le port série (USART) est utilisé.

2. **VCC :** Connectez 5 V ou 3,3 V à cette broche.

3. **GND :** broche de terre du module.
4. **TXD :** transmettre des données série (données reçues sans fil par le module Bluetooth transmises en série sur la broche TXD)
5. **RXD :** Recevez les données en série (les données reçues seront transmises sans fil par le module Bluetooth).
6. **Etat :** Il indique si le module est connecté ou non.

### 7.1 Quelques informations à propos le module HC-05 :

- HC-05 a une LED rouge qui indique l'état de la connexion, que le Bluetooth soit connecté ou non. Avant de se connecter au module HC-05, cette LED rouge clignote en continu de manière périodique. Lorsqu'il est connecté à un autre appareil Bluetooth, son clignotement ralentit à deux secondes.
- Ce module fonctionne sur 3,3 V. Nous pouvons également connecter une tension d'alimentation de 5 V puisque le module a à bord un régulateur de 5 à 3,3 V.
- Comme le module Bluetooth HC-05 a un niveau de 3,3 V pour RX/TX et que le microcontrôleur peut détecter un niveau de 3,3 V, il n'est donc pas nécessaire de modifier le niveau de transmission du module HC-05. Mais nous devons déplacer le niveau de tension de transmission du microcontrôleur au RX du module HC-05.

### 7.2 L'interfaçage entre le module HC-05 et Arduino :

Le module HC-05 communique avec les microcontrôleurs en utilisant la communication série (USART).

Les paramètres par défaut du module Bluetooth HC-05 peuvent être modifiés à l'aide de certaines commandes AT.

Comme le module Bluetooth HC-05 a un niveau de 3,3 V pour RX/TX et que le microcontrôleur peut détecter un niveau de 3,3 V, il n'est donc pas nécessaire de modifier le niveau de tension TX du module HC-05. Mais nous devons déplacer le niveau de tension de transmission du microcontrôleur au RX du module HC-05. [12]

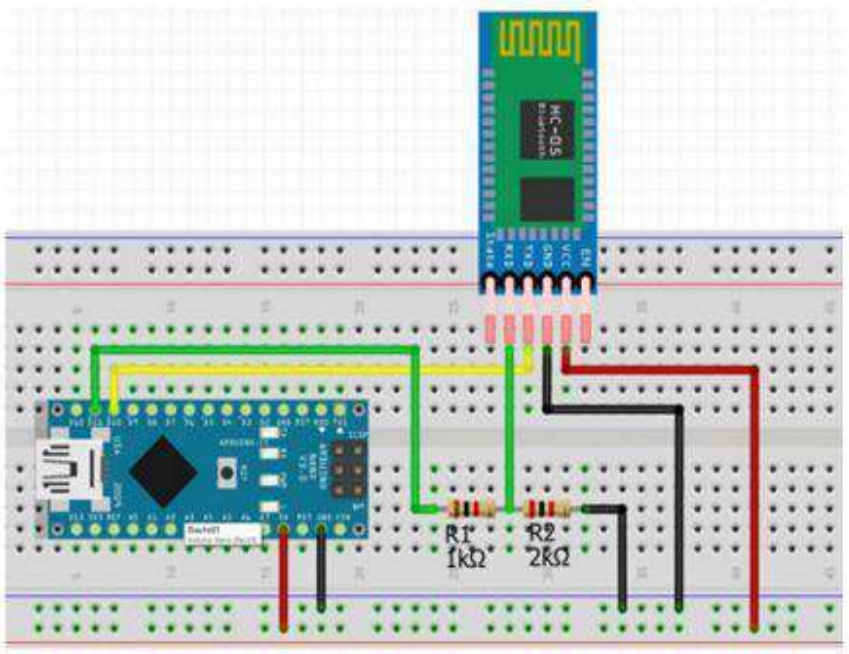



**Figure II. 10 :** Interfaçage du module Bluetooth HC-05 avec Arduino.

### 7.3 Schéma d'interfaçage :

## 8. L'afficheur OLED :

La technologie OLED ( Diode Electroluminescente Organique) est une technologie utilisée dans les téléviseurs afin de produire des images à L'écran , lorsqu'il y a un contact avec de l'électricité , chaque diode peut s'allumer individuellement et produire une vaste gamme de couleurs, lorsqu'il n'y a pas de charge électrique , les diodes s'éteignent complétement, certaines diodes pouvant être désactivés lorsque les autres continuent de fonctionnent et tout ça dépend de notre besoin ou de l'affichage voulu.




**Figure II. 11 :** Un afficheur OLED 1.54 "

Il existe deux types de technologie OLED : Passive-Matrix (PMOLED) et Active-Matrix (AMOLED), la technologie Active-Matrix est plus utilisée parce qu'elle possède des composants électroniques pour allumer et éteindre chaque pixel individuellement et elle est bien meilleure pour l'affichage des noirs profonds.

### 8.1 Les avantages de la technologie OLED :

- Faible consommation d'énergie.
- Meilleure qualité d'image.
- Temps de réponse et décalage plus rapide par rapport les autres technologies.
- Angle de vision parfait.
- Poids léger, portable et design innovant.
- Minceur et souplesse du support.
- Processus de fabrication plus adorable. [13]

### 8.2 Les inconvénients de la technologie OLED :

Le seul problème de cette technologie est sa durée de vie qui tient environ 14000 heures, et pour ce défaut qu'on ne peut pas utiliser cette technologie dans un téléviseur, mais ils ont créé des autres technologies en réglant ce problème comme les PHOLED

### 8.3 Le brochage de l'Arduino nano avec l'afficheur Oled 1.54 " :

Après avoir installé toutes les bibliothèques que notre afficheur OLED a besoin pour bien fonctionner, on fait la liaison Arduino nano avec l'afficheur en revenant vers le schéma suivant :

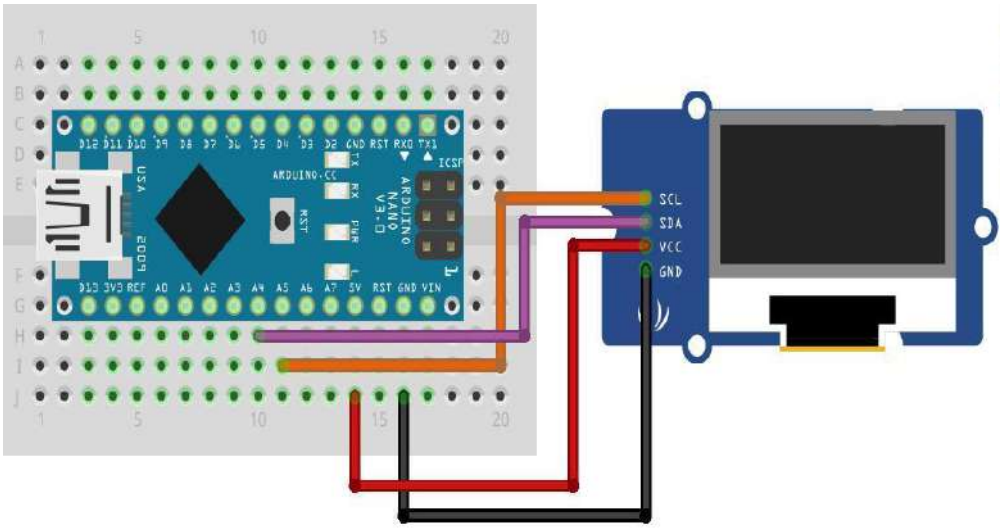



**Figure II. 12 :** brochage de l'Arduino nano avec l'afficheur OLED

### 8.4 Le principe de fonctionnement d'un afficheur OLED :

Le principe de fonctionnement des OLED est basé sur l'électroluminescence , la source de lumière est due à la recombinaison d'un exciton (paire électron-trou), à l'intérieur de la couche émettrice, lors de cette recombinaison, un photon est émis, le but des chercheurs est d'optimiser cette recombinaison, dans ce cas la cathode est utilisée pour l'injection des électrons et l'anode pour l'injection des trous et ces deux derniers vont être transportés à l'aide de couches dédiées à cet effet , les deux charges vont aussi se rencontrer pour former des excitons ( paire électron-trou). [14]

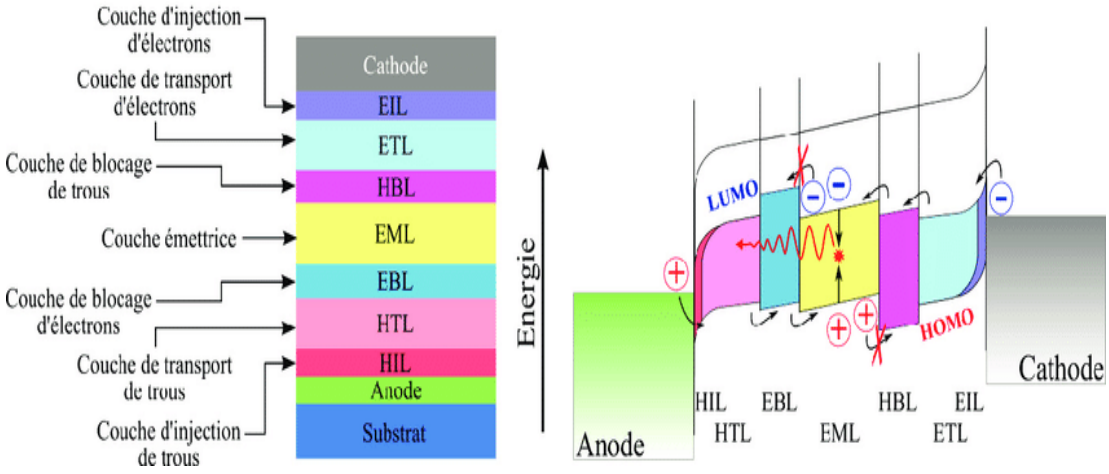



**Figure II. 13 :** Principe fonctionnement d'une Technologie OLED

## 9. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons détaillé le matériel utilisé pour ce projet ; le MAX30102, le buzzer, le module Bluetooth HC-05 et l'afficheur OLED, ainsi la plateforme de programmation Arduino et l'interconnexion de ce dernier avec les différents composants utilisés.

# Chapitre III : *Réalisation et Tests*

## 1. Introduction :

Ce chapitre, présente une description détaillée de l'étude pratique du projet réalisé qui est le résultat d'un ensemble de tests sur les différents blocs de cette réalisation, aussi le développement matériel, le logiciel et la mise en marche de saturomètre de pouls.

## 2. Présentation du schéma synoptique :

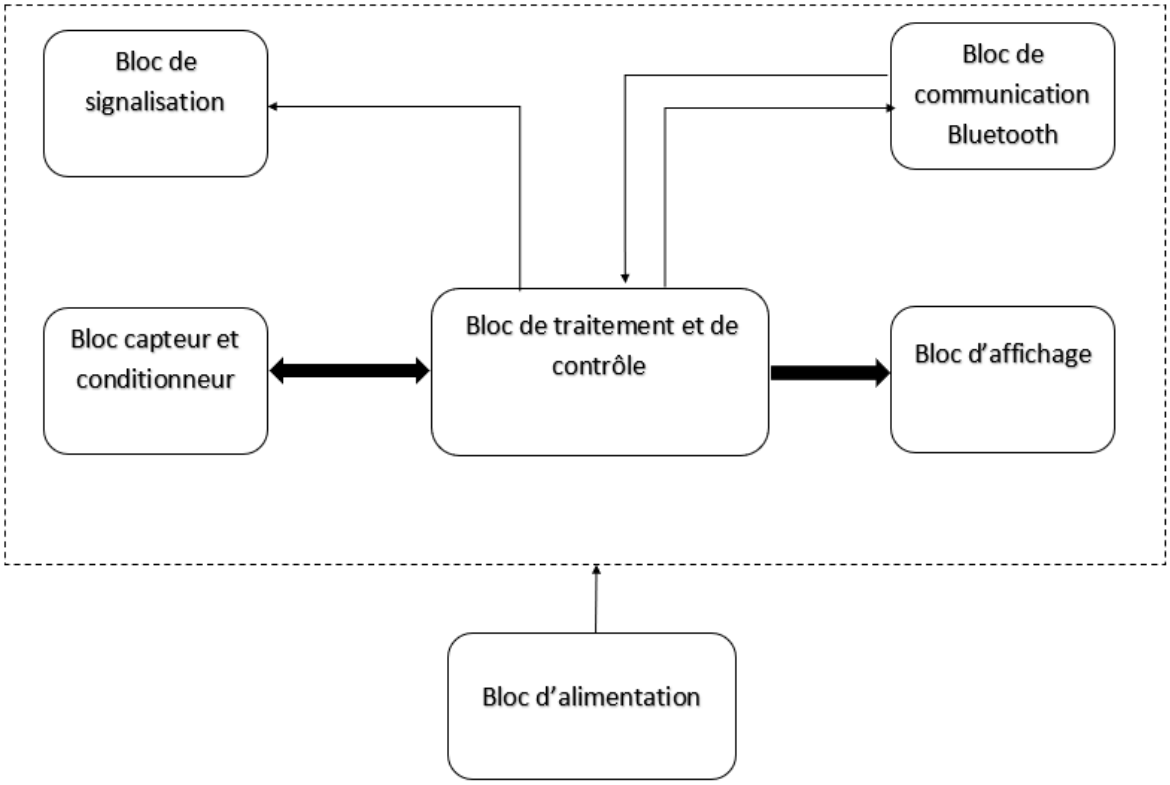



**Figure III. 1 :** le schéma synoptique

## 3. Principe de fonctionnement :

Notre projet consiste à réaliser un saturomètre de pouls qui permet de lutter contre l'hypoxémie vu sa facilité d'utilisation qui est adapté à toutes personnes, les résultats seront obtenus dans un temps court.

Le système étudié permet initialement de mesurer le taux de saturation en oxygène dans le sang et le rythme cardiaque cela est basé sur la carte Arduino nano et le capteur MAX30102, ce dernier transfert les données vers l'Arduino et seront affichées sur un afficheur OLED.

## 4. Partie matérielle :

### Le fonctionnement électrique de chaque bloc :

**Bloc d'alimentation :**

C'est le bloc essentiel qui prend en charge le transfert du courant alternatif en courant continu, aussi il baisse la tension à l'aide des régulateurs. Le port USB de l'ordinateur fournit une énergie de 5V à la carte Arduino nano connectée.

**Bloc de traitement et de contrôle :**

Ce bloc est le cœur notre réalisation il contient la carte Arduino nano plus le microcontrôleur atmega 328p, grâce à son processeur puissant il génère tous les signaux afin de piloter le capteur MAX30102 via le bus I2C ; l'afficheur OLED via le protocole SPI et le module Bluetooth HC-05 à travers les broches Rx, Tx et Vcc

**Bloc capteur et conditionneur :**

Le capteur dans ce bloc permet l'acquisition des données à travers la LED IR qui seront envoyer vers l'Arduino à travers le standard de communication I2C.

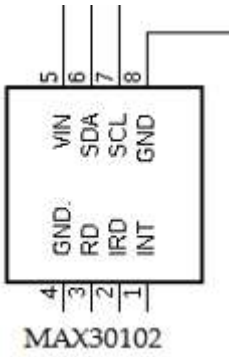



**Figure III. 2 :** Brochage du capteur

**Tableau III. 1 :** Interconnexion du MAX30102 avec la carte Arduino.

| **Arduino NANO** | **MAX30102** |
|---|---|
| 5V | Vin |
| GND | GND |
| A4 | SDA |
| A5 | SCL |

**Bloc d'affichage :**

Basé sur l'afficheur OLED qui est relié à la carte Arduino nano à travers les canaux SDA, SCL, Vcc et GND. Il s'interface à l'aide de la communication SPI.

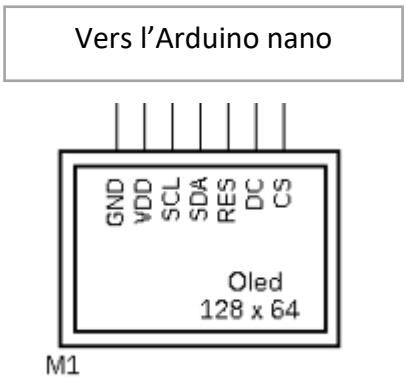



**Figure III. 3 :** Brochage de l'afficheur

**Tableau III. 2 :** Interconnexion de l'Afficheur OLED avec la carte Arduino.

| **Arduino NANO** | **Afficheur OLED** |
|---|---|
| 3.3V | VDD |
| D13 | SCL |
| D11 | SDA |
| D10 | RES |
| D9 | DC |
| D8 | CS |
| GND | GND |

**Bloc de communication Bluetooth :**

Le module HC-05 communique avec l'Arduino en utilisant la communication série (USART). Ce dernier fonctionne sur 3,3 V. Nous pouvons également connecter une tension d'alimentation de 5 V puisque le module a à bord un régulateur de 5 à 3,3 V.

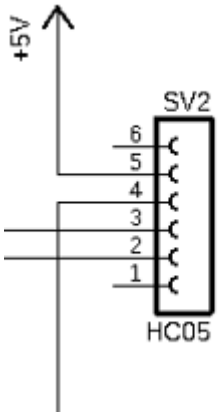



**Figure III. 4 :** Brochage du module Bluetooth

**Tableau III. 3 :** Interconnexion du Bluetooth HC05 avec la carte Arduino.

| **Arduino NANO** | **Bluetooth HC05** |
|---|---|
| 5V | Vcc |
| D4 | 2 |
| D5 | 3 |
| GND | GND |

**Boc de signalisation :**

Le Buzzer passif a besoin d'un signal PWM pour générer du son, après avoir appliqué une tension constante, il émet un bip

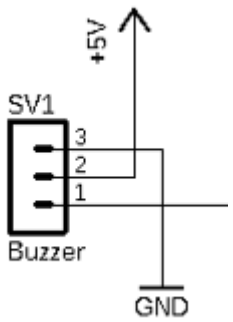



**Figure III. 5 :** Brochage du buzzer

**Tableau III. 4 :** Interconnexion du Buzzer passif avec la carte Arduino.

| Arduino NANO | Buzzer passif |
|---|---|
| 5V | 5V |
| D3 | 1 |
| GND | GND |

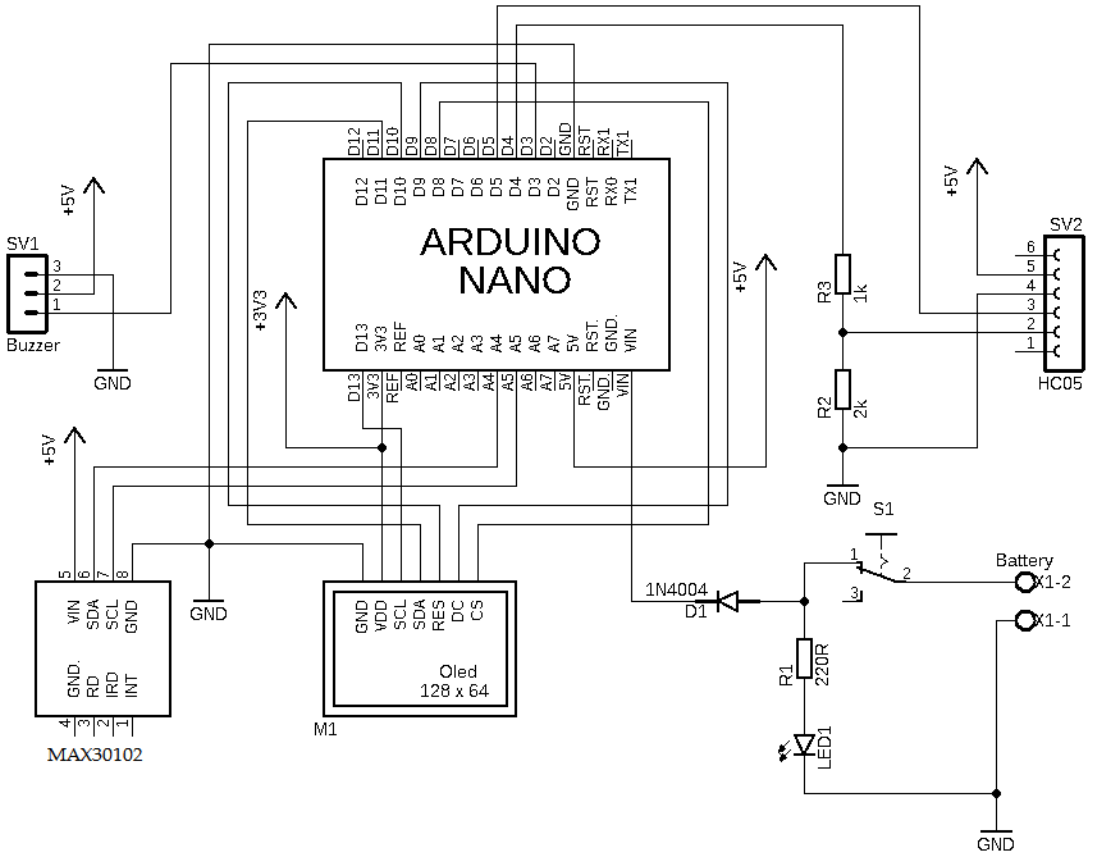



**Figure III. 6 :** Schéma électrique complet

## 5. Partie logicielle :

### Présentation des bibliothèques Arduino utilisées :

Les bibliothèques Arduino prennent une tâche complexe et la résument à des fonctions simples à utiliser. Les utilisateurs d'Arduino ont écrit de nombreux add-ons passionnants pour Arduino. Par exemple, la détection capacitive nécessite une synchronisation et une impulsion difficiles des broches numériques. Nous pouvons écrire le code à partir de zéro, ou nous pouvons nous appuyer sur les épaules de personnes formidables qui sont plus intelligentes que nous.

### Adafruit_GFX.h :

La bibliothèque Adafruit_GFX pour Arduino fournit une syntaxe et un ensemble de fonctions graphiques communes à tous les écrans LCD et OLED et aux matrices LED. Cela facilite l'adaptation des croquis Arduino entre les types d'affichage avec un minimum d'effort... de nouvelles fonctionnalités, des améliorations de performances et des corrections de bugs seront immédiatement appliquées à la gamme de nos écrans couleur.

Adafruit_GFX fonctionne toujours avec une bibliothèque supplémentaire unique pour chaque type d'affichage spécifique. Ceux-ci peuvent être installés à l'aide du gestionnaire de bibliothèque Arduino. [15]

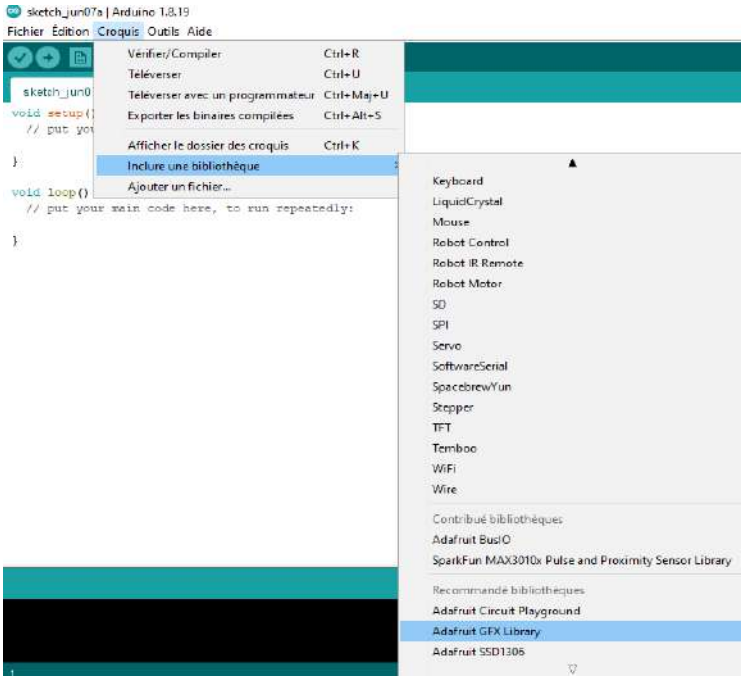



**Figure III. 7** : L'ajout de la bibliothèque AdaFruit GFX

**Adafruit_SSD1306.h :**

Pour utiliser les OLED dans les croquis Arduino, nous devons installer deux bibliothèques. Adafruit_SSD1306, qui gère la communication de bas niveau avec le matériel, et Adafruit_GFX, qui s'appuie sur l'ajout de fonctionnalités graphiques telles que des lignes, des cercles et du texte. [16]

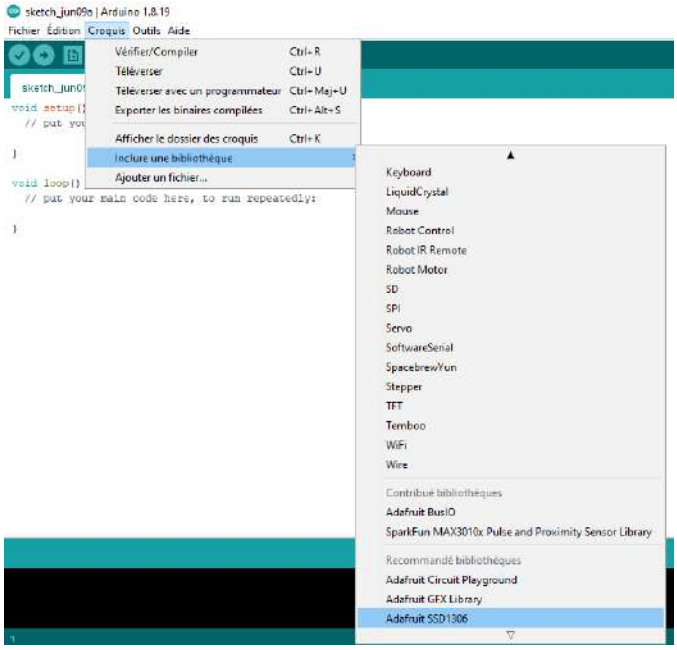



**Figure III. 8 :** L'ajout de la bibliothèque AdaFruit SSD1306

**MAX30105.h :**

C'est une bibliothèque Arduino pour les MAX30105 et MAX30102 (elle devrait également fonctionner avec le MAX30101), qui prend en charge toutes les communications I2C, le décalage de bits, l'écriture de registre et la lecture d'échantillons. La bibliothèque prend en charge le MAX30102 (LED rouge et IR uniquement) et le MAX30105 (LED rouge, IR et verte). [17]




**Figure III. 9 :** Le téléchargement de la bibliothèque MAX3010X

**Serial Software.h :**

La bibliothèque Software Serial utilise un logiciel pour dupliquer les fonctionnalités et permet la communication série entre d'autres broches numériques sur la carte Arduino (d'où le nom "Software Serial"). Il est possible d'avoir plusieurs ports série logiciels avec des vitesses allant jusqu'à 115200bps. Le paramètre active la signalisation inverse pour les appareils qui nécessitent ce protocole. [18]

**Wire.h :**

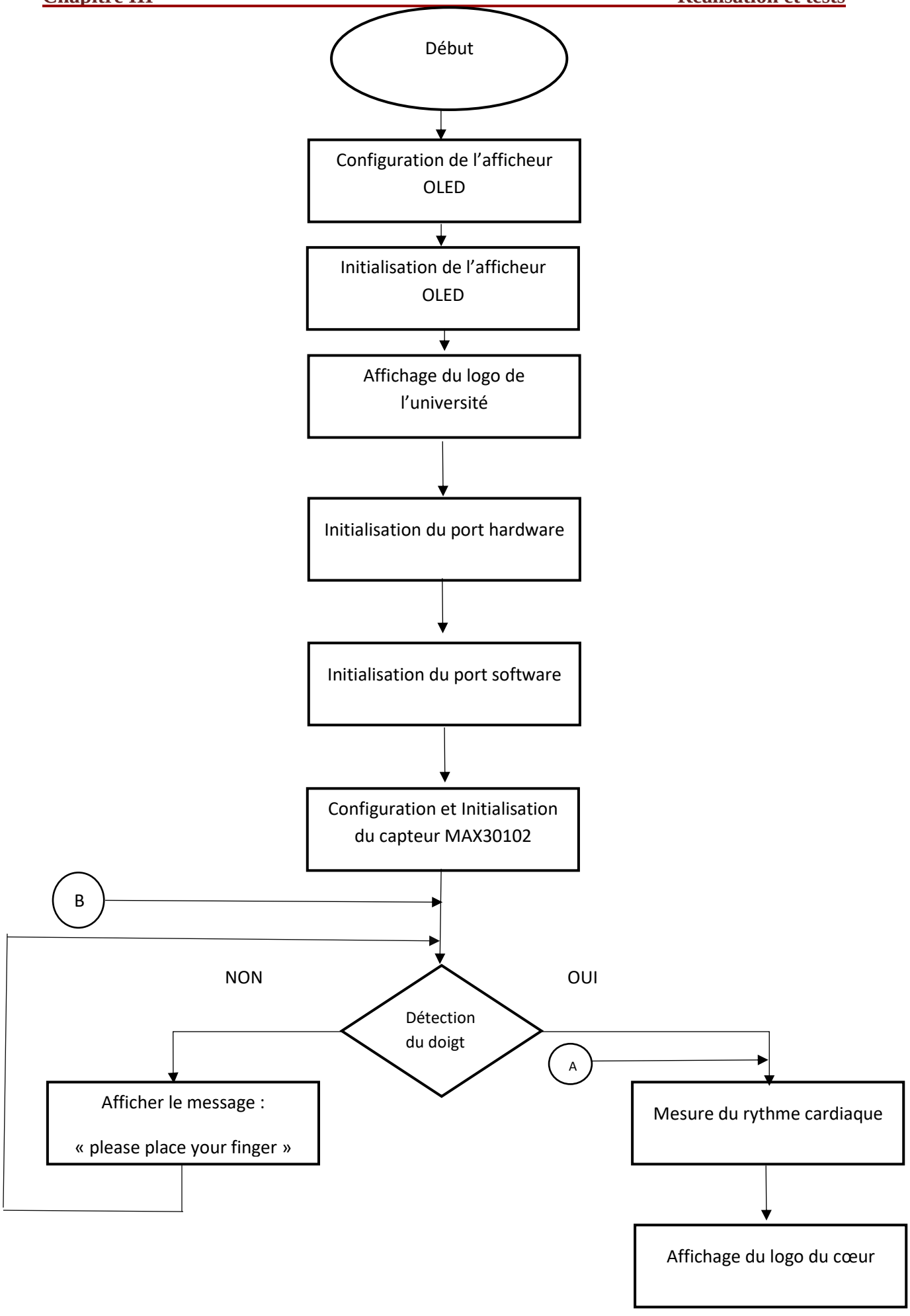
Cette bibliothèque peut être utilisée pour communiquer avec des appareils I2C / TWI. Sur les cartes Arduino avec disposition R3 (disposition de broches 1.0), le SDA (ligne de données) et le SCL (ligne d'horloge) sont situés dans l'en-tête de broche près de la broche AREF. L'Arduino Due possède deux interfaces I2C/TWI SDA1 et SCL1 près de la broche AREF, et l'autre sur les broches 20 et 21. [19]

## 6. Explication du programme par des organigrammes :

### 6.1 Organigramme complet du programme :

L'Arduino nano, commence au début du programme par une configuration des lignes de communication et de la taille d'écran, puis une initialisation de l'afficheur OLED, et le logo de l'université sera afficher, ensuite l'Arduino initialise les ports séries Hardware et Software ainsi la configuration et l'initialisation du capteur MAX30102, si le doigt est détecté sur le capteur, la mesure du rythme cardiaque se lance, le logo du cœur s'affiche avec un bip sonore, si le doigt n'est pas détecté le message « please place your finger » est affiché.

Le programme calcule le rythme cardiaque quatre fois, si le calcul est fait, on passe au calcul de la moyenne du rythme cardiaque celle-ci sera affichée sur l'écran OLED. Cette moyenne est transmise via le port serie Software ; ensuite on mesure le niveau du SPO2, qui s'affiche et se transmis vers le PC.


Début
Configuration de l'afficheur OLED
Initialisation de l'afficheur OLED
Affichage du logo de l'université
Initialisation du port hardware
Initialisation du port software
Configuration et Initialisation du capteur MAX30102
B
NON
OUI
Détection du doigt
A
Afficher le message :
« please place your finger »
Mesure du rythme cardiaque
Affichage du logo du cœur

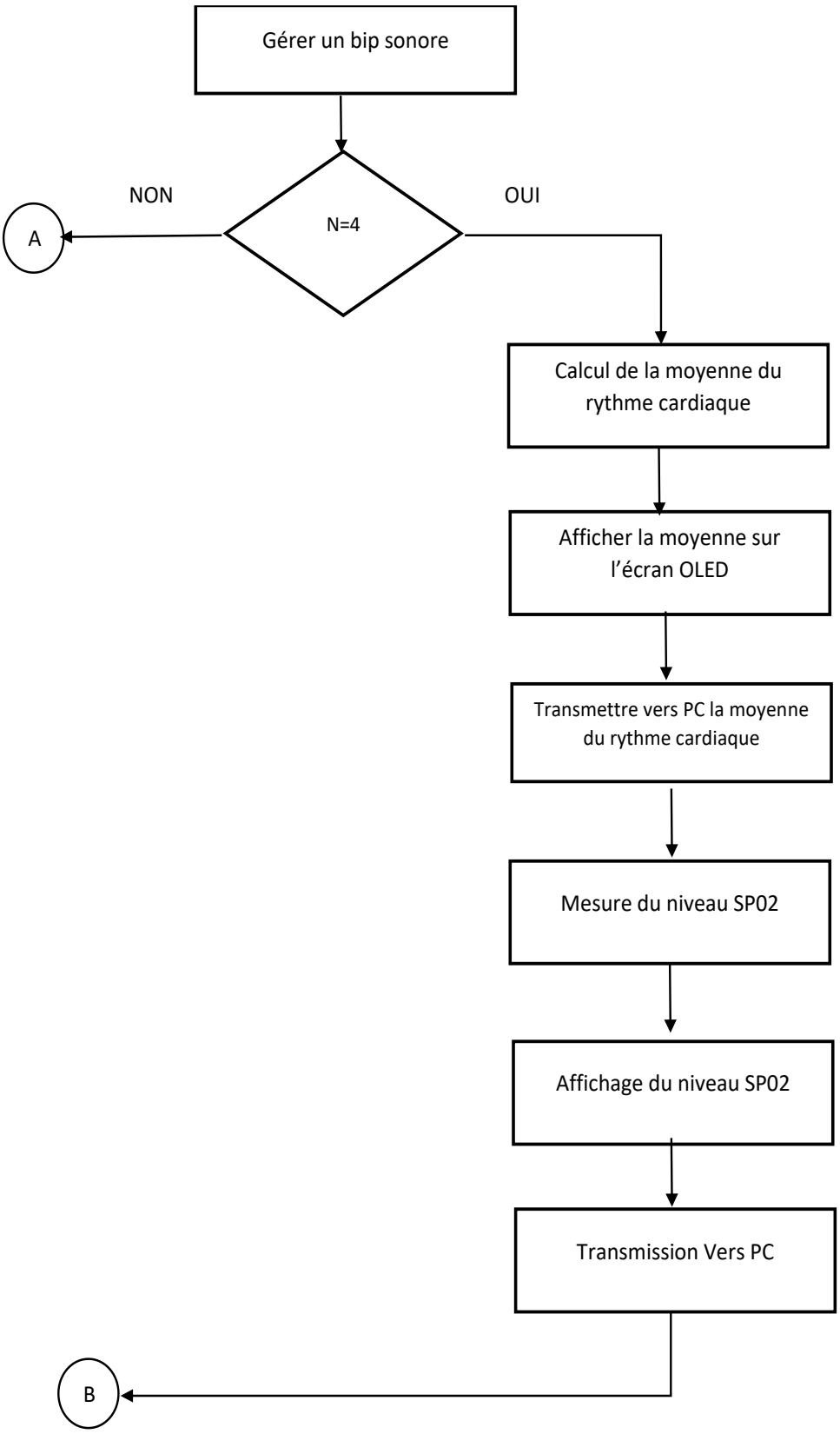



**Figure III. 10**: L'organigramme de fonctionnement du programme principale

## 6.2 Organigramme du programme MATLAB :

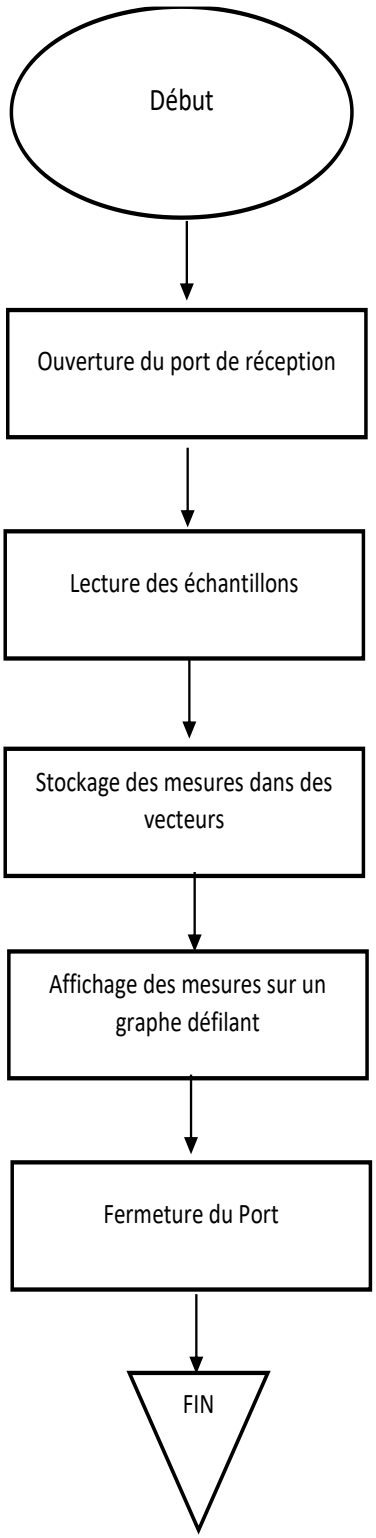



**Figure III. 11:** L'organigramme du programme Matlab

- **Explication de l'organigramme MATLAB**

  Le programme se lance par l'ouverture du port de réception, ensuite la lecture des échantillons, le stockage des mesures dans des vecteurs et l'affichage sur un graphe défilant et enfin la fermeture du port.

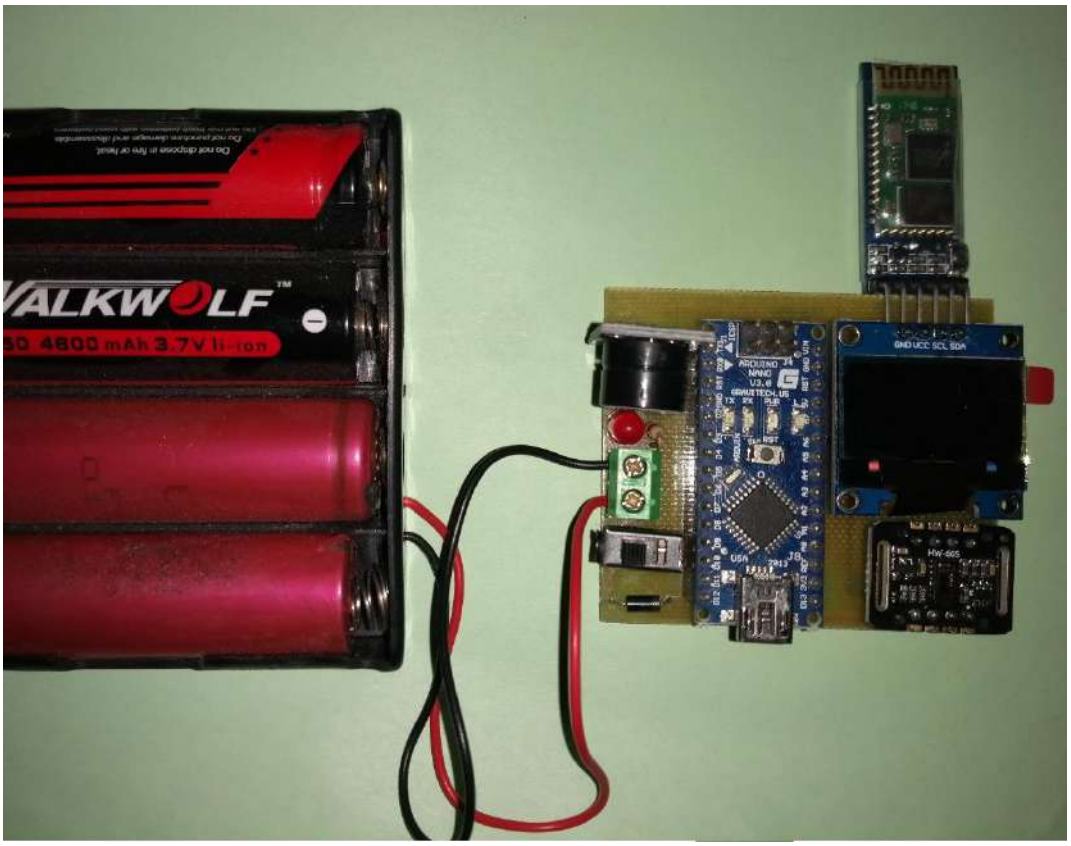



**Figure III. 12 :** Photo de la carte réalisée

## 7. Conclusion :

Ce chapitre représente la réalisation pratique du système étudié, ce dernier est composé initialement de la carte Arduino nano, le capteur MAX30102, un afficheur OLED, un module de Bluetooth HC-05 et un buzzer passif. Afin de créer ce système, nous avons effectué des études théoriques et pratiques à propos du fonctionnement électrique, comme déjà discuté, on a pu faire quelques tests sur la plaque d'essai avant de mettre en valeur le prototype.

# CONCLUSION GENERALE

L'intérêt que l'on accorde à la sante publique ne nous laisse dans l'indifférence mais nous interpelle afin d'agir d'interroger nos informations, de manifester nos compétences de mettre en œuvre les connaissances qui nous ont été inculquées afin d'aboutir à un savoir-faire.

Dans cet esprit, notre projet vise la conception d'un saturomètre de pouls afin de mesurer le taux de saturation en oxygène et le rythme cardiaque des patients pour prévenir des maladies cardiovasculaires.

Notre humble travail nous a permis de mettre en application des connaissances acquises tant dans la partie théorique que la partie pratique.

Ce projet est reparti en trois chapitre, dont le premier est consacré à la recherche théorique, le second présente les différents composants du prototype et le troisième explique le fonctionnement électrique de la partie matérielle et logiciel.

En effet ; les signaux recueillit ont été traité sur PC par l'intermédiaire d'une carte Arduino NANO via un câble USB. En outre, l'interface graphique qui a été développé dans un environnement Matlab nous a permet de visualiser les signaux et le calcul des paramètres souhaités.

# Références bibliographiques

[1] « La respiration : Les échanges de gaz » page 830. LE LAROUSSE MEDICAL.

[2] « Les maladies de la fréquence et du rythme cardiaque » Dr Nicolas Postel-Vinay et Dr Antoine Chedid (cardiologue), Hôpital européen Georges Pompidou, Paris. Mars 2018 < http://www.automesure.com/Pages/frequence-cardiaque.htm?fbclid=IwAR3fIW5PxgctQGR9abL_AIeT5fvhgiSYl07ofb7WMel0-upGSvuprF6SCf4#:~:text=Au%20repos%2C%20chez%20un%20adulte,un%20avis%20m%C3%A9dical%20est%20justifi%C3%A9.&text=Rythme%20lentl>.

[3] « Fréquence cardiaque » Rédigé par des auteurs spécialisés Ooreka. https://defibrillateur.ooreka.fr/astuce/voir/453221/frequence-cardiaque?fbclid=IwAR3_aAue_dBl6lXyNf3es3OViAqTbJSK2qKj4L76mOX0SnWQlHKPQexfPnE .

[4] « Hémoglobine » page 438. LE LAROUSSE MEDICAL.

[5] « Circulation sanguine » page 188. LE LAROUSSE MEDICAL.

[6] « Taux de saturation en oxygène o2 : définition, mesure et normes » Anne-Sophie Glover-Bondeau Journaliste. Bertrand Selleron, L'oxymètre de pouls portable : l'instrument idéal pour le dépistage de l'hypoxémie, KS n°542 - avril 2013

Frédéric Thys, Nicolas Delvau, Thierry Detaille, Franck Verschuren, Saturomètre en médecine générale, La revue du praticien médecine générale, tome 21 l N° 772/773 l 22 MAI 2007

Camille Lévy, Aline Schmit, Alain Bigin Younossian, Lise Margrit Lücker, Toxicité de l'oxygène dans les soins aigus, Rev Med Suisse 2019; volume 15. 202-205 < https://www.passeportsante.net/>.

[7] « Comment fonctionne un oxymètre de pouls ? » medisafe Blog hygiène et sécurité pour professionnels https://www.medisafe.fr/blog/comment-fonctionne-un-oxymetre-de-pouls/#:~:text=L'oxym%C3%A8trie%20sert%20%C3%A0%20effectuer,et%20de%20le%20redistribuer%20ensuite. .

[8] « DIFFÉRENCES ENTRE LES MAX30100, MAX30101 ET MAX30102 ». https://maximsupport.microsoftcrmportals.com/en-us/knowledgebase/article/000099832.

[9] « Oxymètre de pouls haute sensibilité et Capteur de fréquence cardiaque pour la santé portable » datasheet Maxim Integrated.

[10] « Qu'est-ce qu'Arduino ? ». https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction.

[11] « Utilisation d'un Buzzer avec Arduino ». https://arduino-france.site/buzzer-arduino/ .

[12] « Module Bluetooth HC-05 ». < https://www.electronicwings.com/sensors-modules/bluetooth-module-hc-05-?fbclid=IwAR2TbeiPJufNV0OCuRT-1rvdnEVr7lf8sEnQgprwKTxw8iU6EX_vgro2tOc>.

[13] « OLED : qu'est-ce que c'est ? ». https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-oled-2900/?fbclid=IwAR1WLPY8xGO0j8dIfHabBkFziugLRgghsPzoz_bLA1QVgtglUDrpkk7E0OE .

[14] « Technologie OLED de A à Z ». < https://ecranflexible.com/definition-technologie-oled/?fbclid=IwAR3HAVdZ66dvljiw-ft2WyeWavuvZuW1OGbZynqzete6D57LSUuy3LPt95c> .

[15] « Installation d'une bibliothèque Arduino ». Https://learn.sparkfun.com/tutorials/installing-an-arduino-library .

[16] « Installer les bibliothèques Arduino ». https://learn.adafruit.com/monochrome-oled-breakouts/arduino-library-and-examples.

[17] « Utilisation de la bibliothèque SparkFun MAX30105 Arduino ». https://learn.sparkfun.com/tutorials/max30105-particle-and-pulse-ox-sensor-hookup-guide/using-the-sparkfun-max30105-arduino-library.

[18] « SoftwareSerial Library ». https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/software-serial.

[19] « Wire ».<https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/communication/wire/ >

# ANNEXE

*Click here for production status of specific part numbers.*

# MAX30102

# High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health

## General Description

The MAX30102 is an integrated pulse oximetry and heart-rate monitor module. It includes internal LEDs, photodetectors, optical elements, and low-noise electronics with ambient light rejection. The MAX30102 provides a complete system solution to ease the design-in process for mobile and wearable devices.

The MAX30102 operates on a single 1.8V power supply and a separate 3.3V power supply for the internal LEDs. Communication is through a standard I²C-compatible interface. The module can be shut down through software with zero standby current, allowing the power rails to remain powered at all times.

## Applications

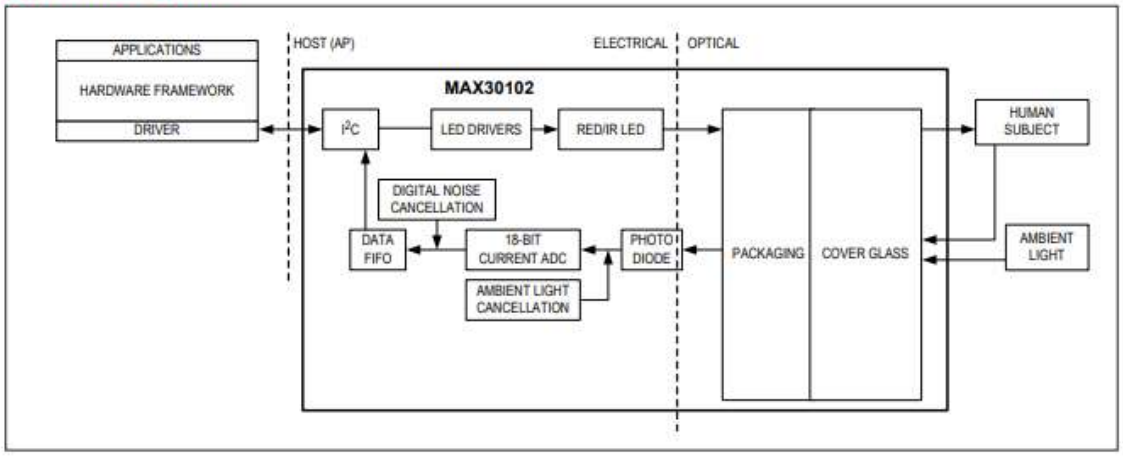
- Wearable Devices
- Fitness Assistant Devices
- Smartphones
- Tablets

## Benefits and Features

- Heart-Rate Monitor and Pulse Oximeter Sensor in LED Reflective Solution
- Tiny 5.6mm x 3.3mm x 1.55mm 14-Pin Optical Module
  - Integrated Cover Glass for Optimal, Robust Performance
- Ultra-Low Power Operation for Mobile Devices
  - Programmable Sample Rate and LED Current for Power Savings
  - Low-Power Heart-Rate Monitor (< 1mW)
  - Ultra-Low Shutdown Current (0.7µA, typ)
- Fast Data Output Capability
  - High Sample Rates
- Robust Motion Artifact Resilience
  - High SNR
- -40°C to +85°C Operating Temperature Range

***Ordering Information* appears at end of data sheet.**

## System Diagram




*19-7740; Rev 1; 10/18*

maxim integrated

# HC-05

## -Bluetooth to Serial Port Module

## Overview



HC-05 module is an easy to use Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) module, designed for transparent wireless serial connection setup.
Serial port Bluetooth module is fully qualified Bluetooth V2.0+EDR (Enhanced Data Rate) 3Mbps Modulation with complete 2.4GHz radio transceiver and baseband. It uses CSR Bluecore 04-External single chip Bluetooth system with CMOS technology and with AFH(Adaptive Frequency Hopping Feature). It has the footprint as small as 12.7mmx27mm. Hope it will simplify your overall design/development cycle.

## Specifications

### Hardware features

- Typical -80dBm sensitivity
- Up to +4dBm RF transmit power
- Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
- PIO control
- UART interface with programmable baud rate
- With integrated antenna
- With edge connector

# SPD0301

Confidential to RiTdisplay Corporation

***Product Preview***

## 128 x 64 Dot Matrix
## OLED/PLED Segment/Common Driver with Controller

This document contains information on a product under development. Solomon Systech reserves the right to change or discontinue this product without notice.

 Copyright © 2009 **Solomon Systech Limited**

MICROCHIP

# ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

## megaAVR® Data Sheet

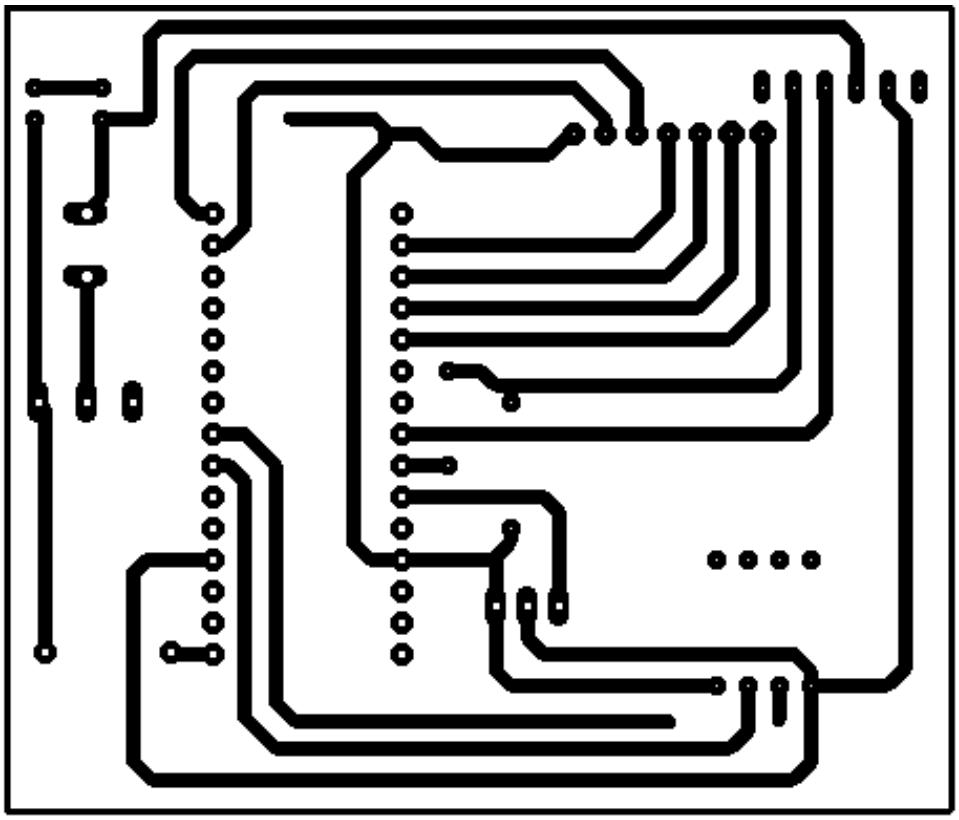
### Introduction

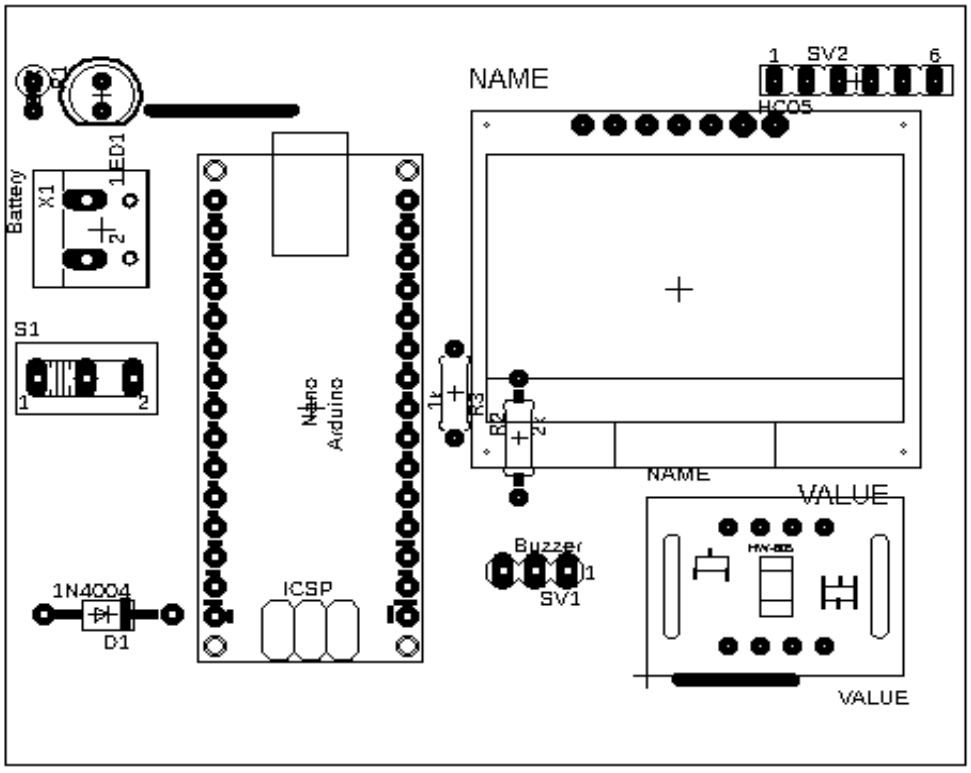
The ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P is a low power, CMOS 8-bit microcontrollers based on the AVR® enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the devices achieve CPU throughput approaching one million instructions per second (MIPS) per megahertz, allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

### Features

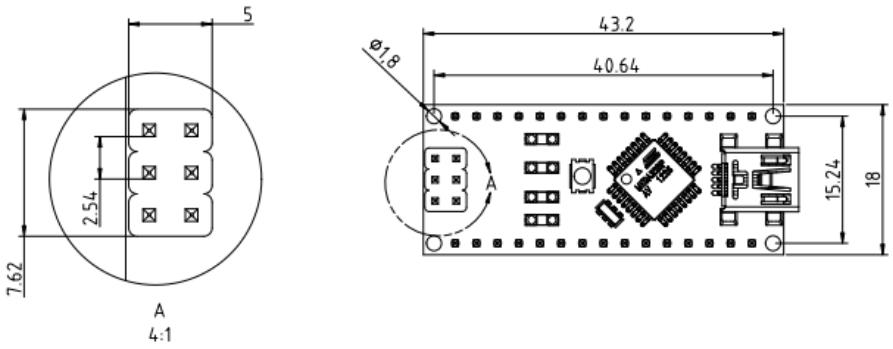
- High Performance, Low Power AVR® 8-Bit Microcontroller Family
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
  - 256/512/512/1KBytes EEPROM
  - 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C(1)
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- QTouch® library support
  - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
  - QTouch and QMatrix™ acquisition
  - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode

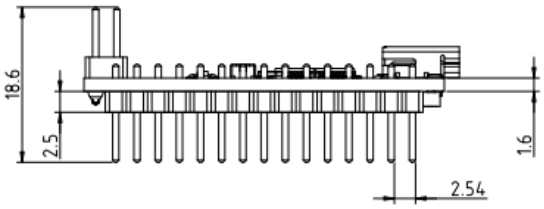
© 2018 Microchip Technology Inc.




NAME
1
SV2
6
HC05
LED1
Battery
X1
S1
1
2
Nano
Arduino
1k
R3
R2
2k
NAME
VALUE
Buzzer
SV1
1
1N4004
D1
ICSP
VALUE

ARDUINO
NANO
Size




2020/11/19