

SAE alternant : Capteur ToF

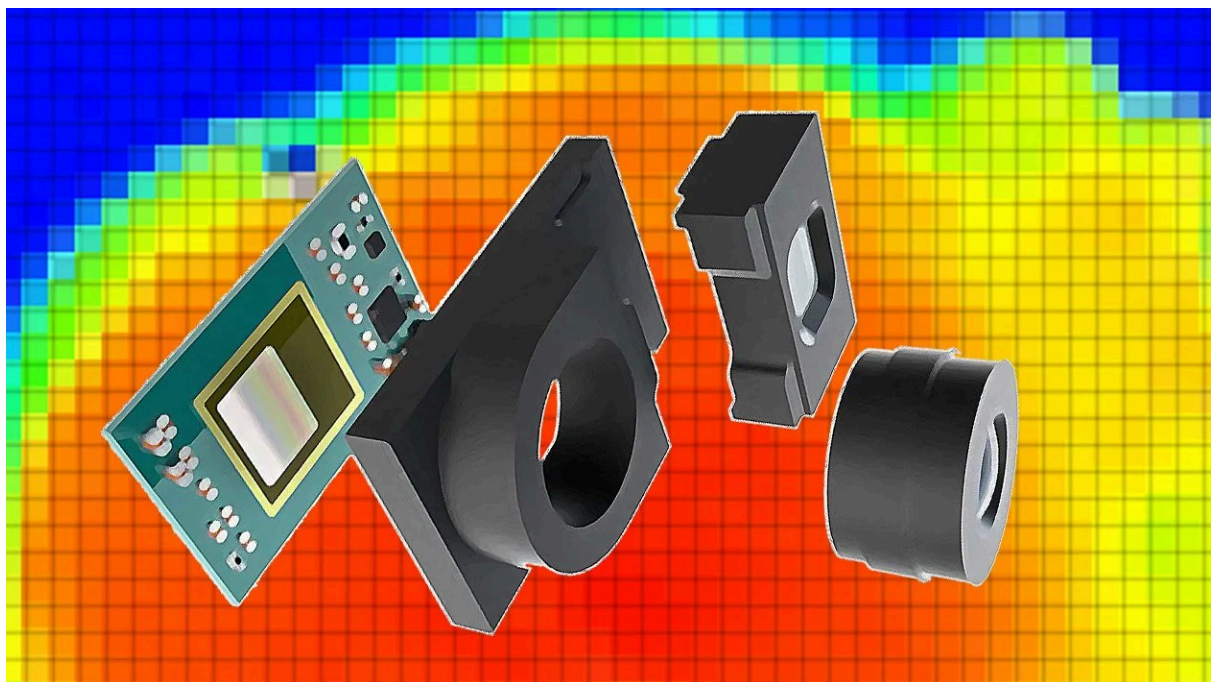
Nom de l'encadrant : Philippe LUCIDARME



INSTITUT UNIVERSITAIRE
DE TECHNOLOGIE
UNIVERSITÉ D'ANGERS

1^{er} IUT
de FRANCE

IUT Angers-Cholet
4, BD Lavoisier - BP 42018
49016 - Angers Cedex
Tél : 02 44 68 87 00



Ce rapport présente le travail réalisé par un groupe d'étudiants dans le cadre d'un projet pédagogique. Les auteurs et l'Université d'Angers ne garantissent pas que l'information, les documents, la méthodologie et le matériel présentés dans ce document soient complets, conformes à l'état de l'art et exacts ni n'assurent en toutes circonstances la sécurité des biens, des personnes et des utilisateurs. Les auteurs et l'Université d'Angers ne seront pas tenus responsables des dommages éventuels qui pourraient résulter de l'utilisation du contenu du présent rapport.

IBRAHIM LEFRANCOIS Gayth Sidney, auteurs du présent rapport, publions et divulguons celui-ci sous la Licence Creative Commons suivante « CC BY » pour le monde entier et pendant la durée légale de protection des droits d'auteur. Cette licence autorise la représentation, la reproduction, la modification, la création d'œuvres dérivées et l'utilisation y compris à des fins commerciales sous réserve de mentionner les noms et prénoms des auteurs.



Somm aire

Remerciements	5
Introduction	6
Cahier des charges	7
Choix technologiques	8-11
Présentation du Capteur	12-14
Réalisation	15-19
Conclusion et perspectives	20
Résumé	21

Remerciements

Au nom de Gayth IBRAHIM et Sidney LEFRANCOIS, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers Monsieur Philippe Lucidarme, notre enseignant du projet, pour sa précieuse guidance, son soutien constant et les ressources qu'il nous a fournies tout au long de cette période. Sa patience et son expertise ont été d'une aide inestimable dans notre parcours.

Nous tenons également à exprimer notre reconnaissance envers nos camarades de classe qui ont apporté leur soutien et leurs idées pour affiner certains aspects de nos conceptions. Leur collaboration a été cruciale pour une meilleure détermination de certains designs, et nous sommes reconnaissants de leur contribution.

Ensemble, ces contributions ont enrichi notre expérience et ont rendu possible l'accomplissement de notre projet. Nous leur sommes infiniment reconnaissants pour leur soutien inestimable.

Introduction

Le domaine du développement technologique est en constante évolution, offrant une plateforme dynamique pour l'innovation et la créativité. Au cœur de cette transformation, l'étude et l'utilisation des capteurs Time-of-Flight (ToF) représentent un défi stimulant, combinant à la fois la compréhension des principes physiques et l'optimisation des algorithmes de traitement des données. Notre projet se situe précisément à ce carrefour, visant à analyser et exploiter le potentiel du capteur VL53L5CX.

Le capteur VL53L5CX, un capteur ToF de pointe, offre une occasion parfaite pour explorer et mettre en pratique les concepts fondamentaux de la détection de distance et de la cartographie 3D. Notre mission consiste à étudier en profondeur les caractéristiques et les applications de ce capteur innovant, en mettant un accent particulier sur son intégration et son utilisation dans divers contextes technologiques.

Pour réaliser cet ambitieux objectif, nous avons choisi d'utiliser plusieurs langages de programmation et outils technologiques adaptés à l'analyse et au traitement des données de capteurs. Ces technologies offrent une synergie puissante permettant la création de systèmes intégrés précis et réactifs, tout en assurant la collecte et l'interprétation optimales des données fournies par le capteur VL53L5CX.

Notre cahier des charges établit les paramètres et les exigences pour l'analyse et l'utilisation de ce capteur ToF. Au cœur de ce document se trouve la nécessité de concevoir des algorithmes capables d'exploiter les données du VL53L5CX pour des applications variées, allant de la cartographie 3D à la détection de mouvements. Cette approche algorithmique vise à garantir une utilisation efficace et innovante du capteur, offrant ainsi de nouvelles perspectives pour les applications technologiques.

Dans cette aventure technologique, nous allons explorer les tenants et aboutissants de l'utilisation d'un capteur ToF, depuis les éléments de base de la détection de distance jusqu'à l'implémentation complexe des algorithmes de traitement des données. Cette progression descendante nous permettra de plonger progressivement dans les détails techniques et conceptuels de notre projet, dévoilant ainsi les rouages internes de cette création technologique.

En abordant les défis et les opportunités associés à l'utilisation du capteur VL53L5CX, nous espérons non seulement enrichir notre compréhension des technologies ToF, mais aussi contribuer à l'avancement des applications pratiques de ces capteurs dans divers domaines.

Cahier des Charges

Notre projet avait pour objectif l'étude, l'analyse et la mise en œuvre d'un capteur Time-of-Flight (ToF) dans un environnement pratique, en utilisant une matrice LED 8x8 pour visualiser les données collectées. Le cahier des charges initial définissait un défi ambitieux : évaluer divers capteurs ToF, sélectionner le plus approprié pour notre application, et intégrer ce capteur pour démontrer ses fonctionnalités essentielles telles que la rapidité de mesure, la précision de la distance et la fiabilité.

Au fur et à mesure de notre progression, nous approfondit notre analyse des performances du capteur ToF VL53L5CX. Nous avons mené des tests rigoureux pour évaluer divers aspects du capteur, notamment la rapidité de mesure, la précision, la fiabilité et les performances globales dans différents environnements. Ces tests nous ont permis de recueillir des données précieuses et de mieux comprendre les capacités et les limitations du capteur.

Pour enrichir notre étude, nous avons intégré le capteur ToF avec une matrice LED 8x8. Cette intégration nous a permis de visualiser les données de mesure en temps réel, offrant ainsi une représentation claire et intuitive des distances mesurées. Cela a facilité une meilleure compréhension et une analyse plus approfondie des performances du capteur.

En résumé, notre projet a respecté et même dépassé les attentes initiales du cahier des charges en sélectionnant avec succès un capteur ToF performant, en intégrant ce capteur avec une matrice LED pour une visualisation en temps réel, et en menant une analyse approfondie de ses performances. Ce rapport met en lumière notre engagement envers l'innovation et la création d'une expérience d'analyse complète et inclusive, démontrant la puissance et les capacités des technologies ToF dans un environnement pratique.

Choix Technologiques

Les capteurs de temps de vol (ToF, Time-of-Flight) sont des dispositifs utilisés pour mesurer la distance entre le capteur et un objet en calculant le temps que prend une lumière infrarouge pour voyager de la source au capteur après avoir rebondi sur l'objet. Voici quelques types de capteurs ToF couramment utilisés :

1. Capteurs ToF basés sur la modulation de fréquence :

- **Modulation de lumière continue (CW)** : Ces capteurs émettent une lumière infrarouge en continu et mesurent la phase de la lumière réfléchie pour déterminer la distance.
- **Modulation de fréquence** : Ces capteurs modulent la fréquence de la lumière émise et mesurent la phase pour calculer la distance.

2. Capteurs ToF basés sur l'étalement de spectre :

- **Étalement de spectre par séquence de codes** : Ces capteurs utilisent des codes de séquence pour moduler la lumière, ce qui permet de mesurer la distance avec précision.

3. Capteurs ToF basés sur la lumière ambiante :

- **Capteurs ToF à lumière ambiante** : Certains capteurs ToF sont conçus pour fonctionner en utilisant la lumière ambiante plutôt qu'une source lumineuse spécifique.

4. Capteurs ToF à temps de vol de photons :

- **Capteurs à temps de vol de photons** : Ces capteurs mesurent le temps que mettent les photons pour voyager de la source au capteur après avoir rebondi sur l'objet.

5. Capteurs ToF utilisant des caméras 3D :

- **Caméras 3D ToF** : Intègrent des capteurs ToF dans des systèmes de caméras 3D pour permettre la capture d'images tridimensionnelles avec des informations de distance.

Chacun de ces types de capteurs ToF a ses propres avantages et inconvénients, et leur choix dépend des exigences spécifiques d'une application donnée. Les capteurs ToF sont couramment utilisés dans divers domaines tels que la robotique, la réalité virtuelle, la réalité augmentée, la détection de mouvement, la mesure de distance, etc.

Dans notre projet, nous choisirons une autre technologie : **le capteurs ToF avec matrice de détection** : ce capteurs ToF utilise une matrice de détection pour mesurer la distance à plusieurs points en même temps, ce qui permet une capture d'image 3D plus rapide et précise.

Les capteurs ToF avec matrice de détection sont conçus pour fournir une capture d'image 3D plus détaillée et précise en mesurant la distance à plusieurs points simultanément. Au lieu d'émettre un seul faisceau de lumière, ces capteurs utilisent une matrice de pixels pour détecter la lumière réfléchiée par l'objet à des emplacements spécifiques. Voici quelques caractéristiques clés de ces capteurs :

1. **Capture d'image 3D rapide** : En utilisant une matrice de détection, ces capteurs peuvent mesurer la distance à de nombreux points en même temps, ce qui permet une acquisition rapide d'images 3D. Cela les rend adaptés à des applications telles que la réalité virtuelle, la réalité augmentée, et la modélisation 3D en temps réel.
2. **Précision améliorée** : La capacité à mesurer la distance à plusieurs points simultanément permet une reconstruction 3D plus précise de la scène. Cela peut être crucial dans des applications où la précision spatiale est essentielle, comme la navigation autonome, la robotique, et les interfaces homme-machine.
3. **Réduction des erreurs de mouvement** : Les capteurs ToF avec matrice de détection peuvent réduire les erreurs de mouvement en capturant des informations sur la distance à plusieurs points lors d'un seul instant. Cela améliore la gestion des mouvements rapides et des objets en mouvement, ce qui est important dans les applications de suivi et de détection de mouvement.
4. **Adaptabilité à différentes conditions d'éclairage** : Certains capteurs ToF avec matrice de détection intègrent des technologies pour s'adapter à différentes conditions d'éclairage. Cela les rend plus polyvalents dans des environnements où l'éclairage peut varier, tels que des scènes extérieures ou des environnements industriels.

Le capteur ToF VL53L5CX de STMicroelectronics est un exemple de capteur ToF avec matrice de détection. Voici quelques caractéristiques spécifiques de ce capteur :

1. **Matrice de détection multi-segments** : Le VL53L5CX utilise une matrice de détection avec 64 segments, ce qui lui permet de mesurer la distance à 64 points différents simultanément. Cela offre une résolution spatiale élevée pour une capture d'image 3D détaillée.

2. **Distance de mesure étendue** : Ce capteur ToF a une plage de mesure allant de 0,3 mètre à 4 mètres, ce qui le rend adapté à une variété d'applications, de la détection d'objets proches à la mesure de distance à des distances plus importantes.
3. **Temps de vol court** : Le VL53L5CX offre un temps de vol court, ce qui signifie qu'il peut capturer des images 3D rapidement. Cette caractéristique est particulièrement utile dans des applications nécessitant une réponse rapide, comme la réalité augmentée ou la détection de mouvement en temps réel.
4. **Précision améliorée** : Grâce à sa matrice de détection multi-segments, le capteur de STMicroelectronics offre une précision accrue dans la mesure de la distance. Cela le rend adapté à des applications où une précision spatiale élevée est essentielle.
5. **Interface utilisateur flexible** : Le VL53L5CX est conçu avec une interface utilisateur flexible, permettant aux développeurs de personnaliser les paramètres du capteur en fonction des besoins spécifiques de leur application. Cela offre une plus grande adaptabilité dans divers scénarios d'utilisation.
6. **Intégration simplifiée** : STMicroelectronics propose des bibliothèques logicielles et des outils de développement pour faciliter l'intégration du VL53L5CX dans les projets. Cela simplifie le processus de développement pour les ingénieurs et les concepteurs.

En résumé, le VL53L5CX de STMicroelectronics est un capteur ToF avancé avec une matrice de détection multi-segments, offrant une résolution élevée, une précision améliorée, et une adaptabilité à différentes conditions d'utilisation. Il peut être utilisé dans diverses applications, notamment la robotique, la réalité virtuelle, la surveillance, et d'autres domaines nécessitant une capture d'image 3D rapide et précise.

STMicroelectronics propose plusieurs capteurs ToF :

1.

VL6180X :

- **Caractéristiques principales** : Mesure de distance jusqu'à 100 mm, intégration de lumière ambiante, mesure de la lumière ambiante.
- **Applications courantes** : Mesure de proximité, détection de gestes, éclairage automatique.

2. **VL53L0X :**

- **Caractéristiques principales** : Mesure de distance jusqu'à 2 mètres, faible consommation d'énergie, mesure de la lumière ambiante.
- **Applications courantes** : Systèmes de détection de mouvement, drones, détection d'obstacles.

3. VL53L1X :

- **Caractéristiques principales** : Mesure de distance jusqu'à 4 mètres, mode multizone, détection d'objet multiple.
- **Applications courantes** : Robotique, réalité virtuelle, surveillance, navigation autonome.

4. VL53L3CX :

- **Caractéristiques principales** : Mesure de distance jusqu'à 3 mètres, matrice de détection multi-segments (16 segments), détection d'objet multiple.
- **Applications courantes** : Robotique avancée, capture d'image 3D, systèmes de vision industrielle.

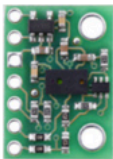
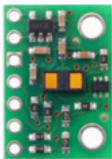
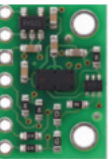
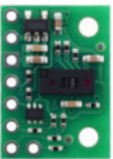
5. VL53L5CX :

- **Caractéristiques principales** : Matrice de détection multi-segments (64 segments), mesure de distance jusqu'à 4 mètres avec un angle de 65°, interface utilisateur flexible.
- **Applications courantes** : Réalité augmentée, capture d'image 3D rapide, détection de mouvement en temps réel.

6. VL53L7CX :

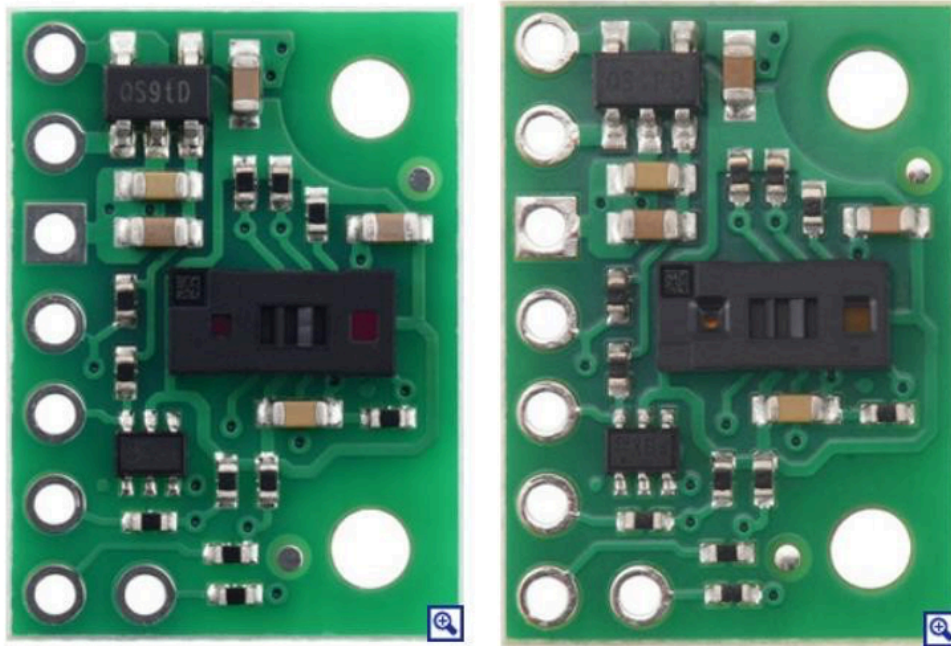
- **Caractéristiques principales** : Matrice de détection multi-segments (64 segments), mesure de distance jusqu'à 3,5 mètres avec un angle de 90°, interface utilisateur flexible.
- **Applications courantes** : Réalité augmentée, capture d'image 3D rapide, détection de mouvement en temps réel.

Le capteur VL53L5CX a été choisi en raison de sa matrice de détection multi-segments avancée comprenant 64 segments, permettant une capture d'image 3D rapide et détaillée, ainsi que de son interface utilisateur flexible offrant une adaptabilité optimale aux besoins spécifiques de l'application.

	 VL6180X carrier	 VL53L0X carrier	 VL53L1X carrier	 VL53L3CX carrier	 VL53L5CX carrier	 VL53L7CX carrier
Maximum range:⁽¹⁾	60 cm	200 cm	400 cm	500 cm	400 cm	350 cm
Minimum range:	~1 cm	~3 cm	4 cm	1 cm	2 cm	2 cm
Field of view:	25°	25°	15° to 27° diagonal, programmable	25°	65° diagonal, up to 8x8 zones	90° diagonal, up to 8x8 zones
Other features:	ambient light sensing, low memory footprint ⁽²⁾	low memory footprint ⁽²⁾	low memory footprint ⁽²⁾	multi-target detection	multi-target detection	multi-target detection
Maximum update rate:⁽¹⁾	~150 Hz	50 Hz	100 Hz	125 Hz	60 Hz	60 Hz
Operating voltage range:	2.6 V to 5.5 V				2.5 V to 5.5 V	
Regulator voltage:	2.8 V				3.3 V	
Typical active-ranging supply current:	25 mA	20 mA	20 mA	20 mA	100 mA	100 mA
Peak supply current:	40 mA	40 mA	40 mA	40 mA	150 mA	150 mA
1-piece price:	\$13.49	\$14.95	\$18.95	\$16.95	\$19.95	\$19.95

Présentation du Capteur

VL53L5CX Time-of-Flight 8×8-Zone Distance Sensor Carrier with Voltage Regulator, 400cm Max



Il s'agit d'une carte porteuse/dérivation pour le capteur de télémétrie laser VL53L5CX de ST, qui offre une télémétrie rapide et précise **jusqu'à 4 m grâce à** une interface numérique I²C. Il peut mesurer les distances absolues de plusieurs cibles simultanément dans plusieurs zones, fournissant suffisamment de données pour une carte de profondeur avec une résolution allant jusqu'à 4x4 ou 8x8. La carte comprend un régulateur linéaire de **3,3 V** et des décalages de niveau qui lui permettent de fonctionner sur une plage de tension d'entrée de **2,5 V à 5,5V**.

Le VL53L5CX se distingue des précédents capteurs de temps de vol de ST par sa sortie de télémétrie multizone : son champ de vision est divisé en un certain nombre de zones, configurables sous la forme d'une grille 4x4 ou 8x8, et le capteur fournit des lectures distinctes pour chaque zone (qui peut inclure plusieurs cibles par zone). Cela fait effectivement de l'VL53L5CX un lidar 3D de base, car au lieu de ne mesurer qu'une seule distance (lidar 1D), il peut fournir suffisamment de données pour générer une carte de profondeur à basse résolution de l'environnement dans son champ de vision.

Caractéristiques et spécifications :

- Dimensions : 0,5 » × 0,7 » × 0,085 » (13 mm × 18 mm × 2 mm)
- Poids sans les broches d'en-tête : 0,5 g (0,02 oz)
- Tension de fonctionnement : 2,5 V à 5,5 V
- Courant d'alimentation : ~100 mA (moyenne typique pendant la plage active avec les paramètres par défaut) o Le courant de crête peut atteindre 150 mA
- Portée maximale : 4 m (13 pi) avec une résolution de 1 mm
- Résolution : 1 mm de profondeur, 4×4 ou 8×8 zones de capteurs
- Portée minimale : 20 mm (0,8 po)
- Émetteur : VCSEL (laser à cavité verticale) invisible de classe 1 à 940 nm – sans danger pour les yeux
- Détecteur : réseau de réception SPAD (diode à avalanche à photon unique) o Champ de vision complet typique : 63° en diagonale (45° horizontal/vertical)
- Format de sortie (I²C) : histogramme

Connexions :

Au moins quatre connexions sont nécessaires pour utiliser la carte VL53L5CX : **VIN, GND, SCL et SDA**. La broche VIN doit être connectée à une source de **3,3 V** et GND doit être connectée à 0 volts. Un régulateur de tension linéaire embarqué convertit le VIN en une alimentation de 3,3 V, accessible via la broche VDD, pour le circuit intégré VL53L5CX. Des tensions d'alimentation comprises entre 2,5 V et 3,6 V peuvent également être connectées au VDD

Brochage

ÉPINGLER	Description
VDD	Sortie 3,3 V régulée. Jusqu'à environ 100 mA sont disponibles pour alimenter les composants externes. (Si vous souhaitez contourner le régulateur interne, vous pouvez utiliser cette broche comme entrée pour les tensions comprises entre 2,5 V et 3,6 V avec le VIN déconnecté.)
NIV (NIV)	Il s'agit de la connexion principale de l'alimentation de 3,3 V à 5,5 V. Les décaleurs de niveau SCL et SDA tirent les lignes I ² C haut à ce niveau.
GND	La connexion à la terre (0 V) pour votre alimentation électrique. Votre source de contrôle I ² C doit également partager un terrain commun avec cette carte.
SDA	Ligne de données I ² C décalée par niveau : HIGH est VIN, LOW est 0 V
SCL (Anglais seulement)	Ligne d'horloge I ² C décalée par niveau : HIGH est VIN, LOW est 0 V
Indicateurs clés de performance (KPI)	Cette broche est une entrée de désactivation active-faible I ² C ; la carte le tire vers le haut sur VDD pour activer la communication I ² C par défaut. L'activation de cette broche basse désactive la communication I ² C (généralement utilisée dans le cadre d'un processus de modification des adresses I ² C). <i>Cette entrée n'est pas décalée de niveau.</i>
INT	Sortie d'interruption programmable (niveau logique VDD). <i>Cette sortie n'est pas décalée par niveau.</i>
I2C_RST	Cette broche est une entrée de réinitialisation I ² C active-élevée ; la carte le tire vers le bas à GND par défaut. L'enfoncement de cette broche vers le haut réinitialise l'interface I ² C (mais pas l'ensemble du capteur). <i>Cette entrée n'est pas décalée de niveau.</i>

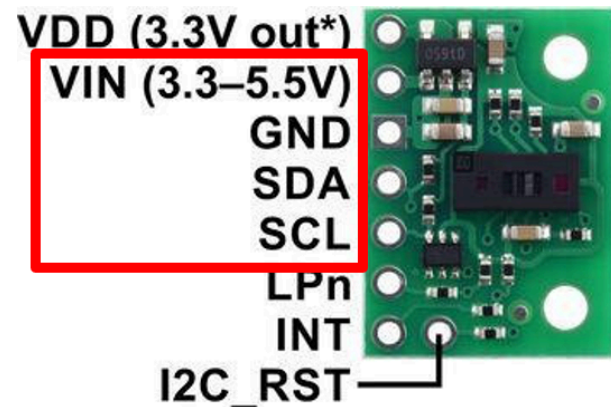
Réalisation

Connexion Matérielle

Le composant VL53L5CX est un composant qui nécessite une alimentation et une communication avec une tension entre 3,3V et 5,5V. Il est alimenté grâce à la broche VIN et communique à l'aide des ports I2C (SDA SCL).

L'ESP32 lui, alimenté par un câble USB C peut fournir une tension de 5,5V et de 3,3V au capteur, mais ne peut uniquement communiquer en 3,3V.

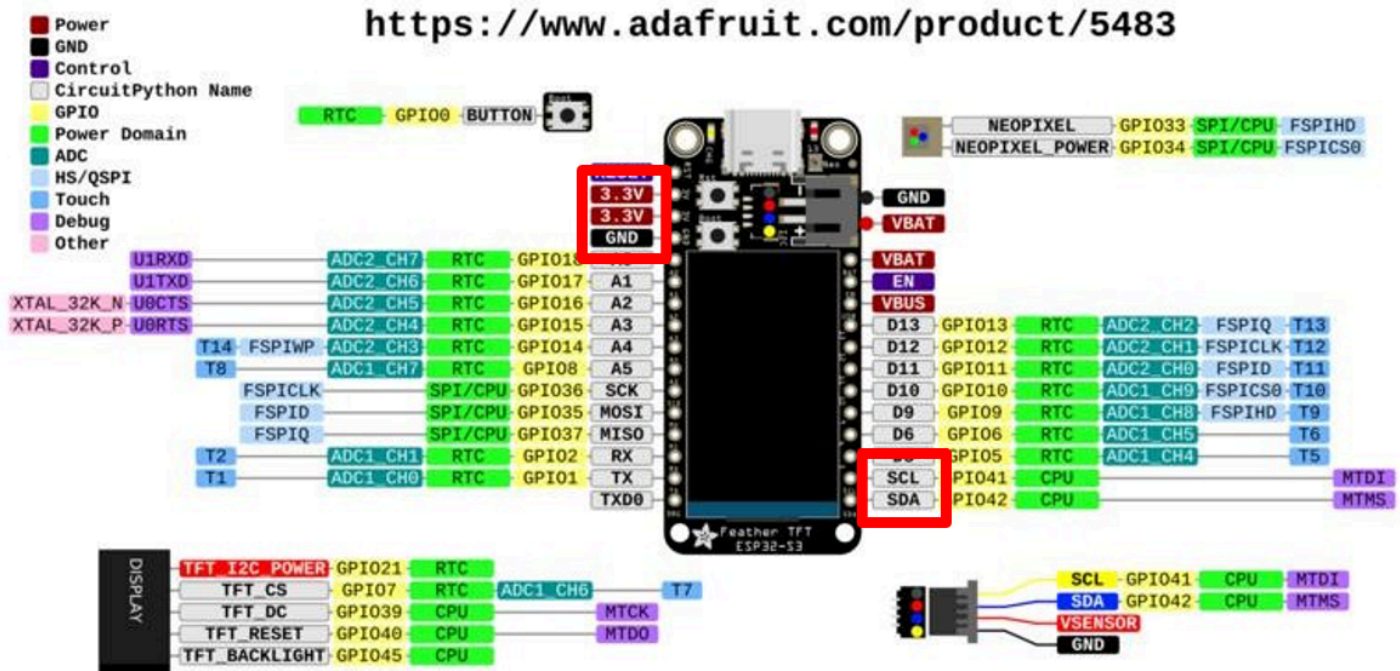
Pour effectuer une communication il faut brancher les broches SDA (data) et SCL (clock) du capteur VL53L5CX aux broches appropriées de l'ESP32-S3 TFT (SDA et SCL). Pour la connexion matérielle, seulement 4 branchements sont nécessaires.



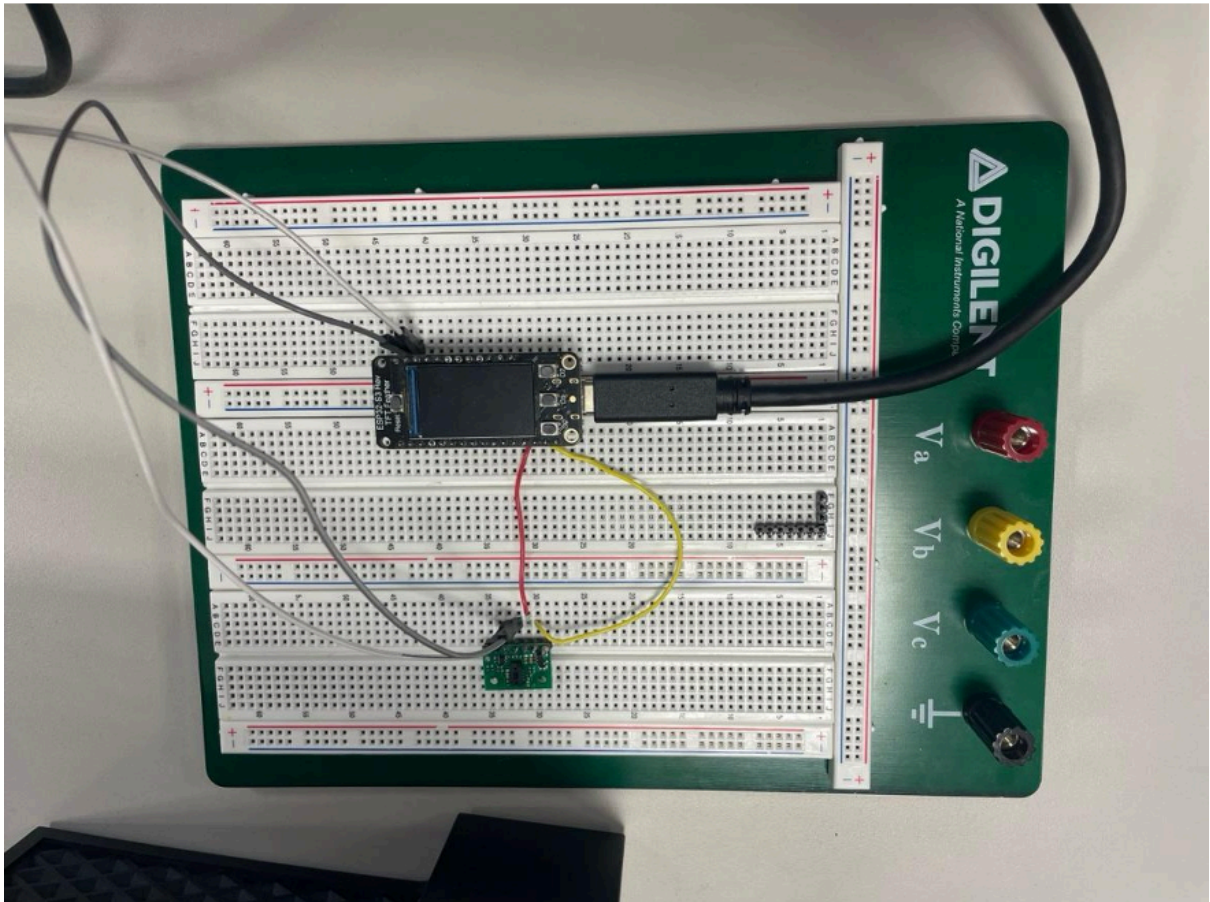
* or 2.5–3.6V in with VIN disconnected

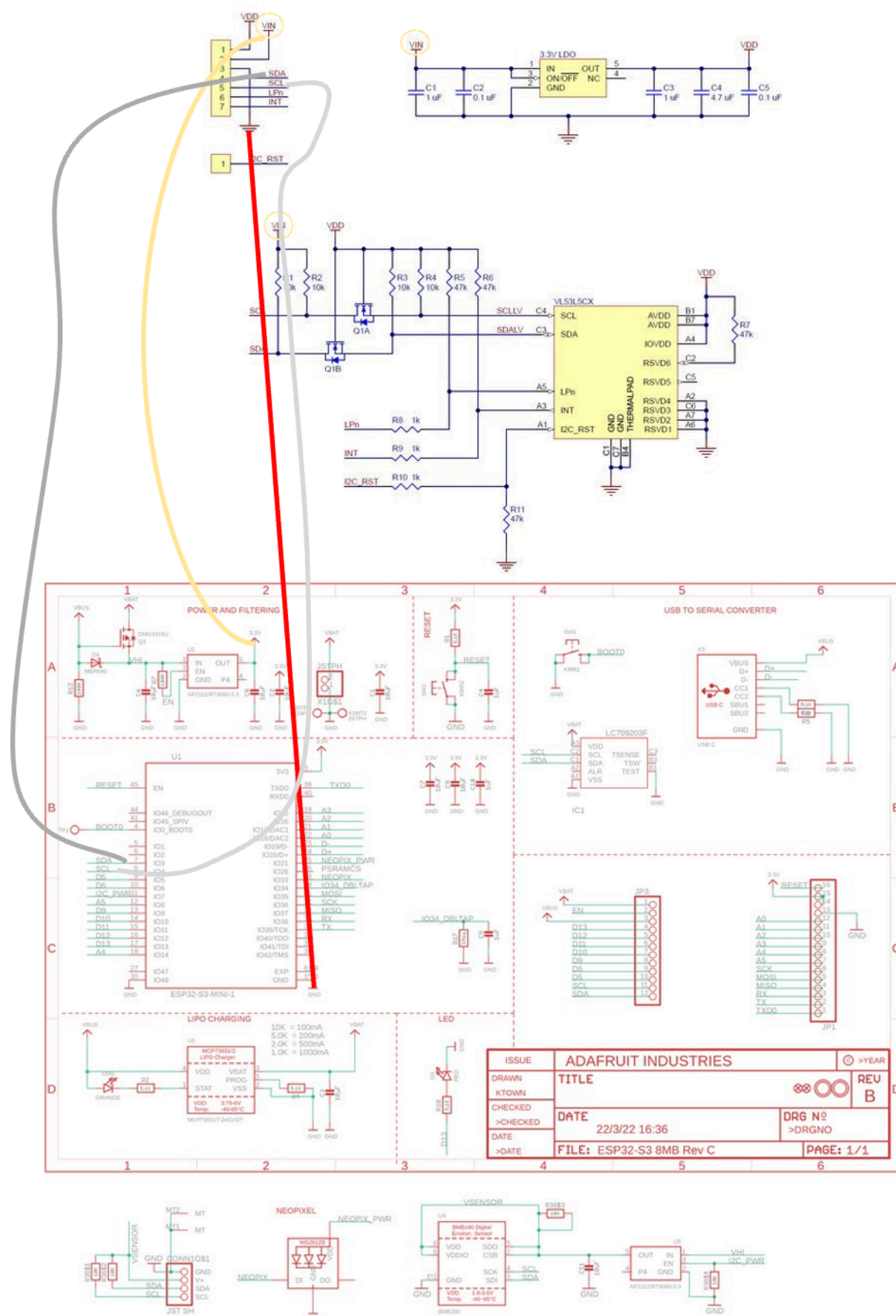
Adafruit ESP32-S3 TFT Feather

<https://www.adafruit.com/product/5483>



Pour une connexion optimale et réduire les risques de faux contact ou une mauvaise communication ou perte de données, il est préférable de souder les composant sur des support et d'utiliser une bred board (planche de test) comme ci-dessous.





Présentation du code

Description du Code

Le code est structuré en plusieurs sections distinctes, chacune responsable d'une tâche spécifique. Voici une analyse détaillée de chaque section :

1. **Importation des Bibliothèques** : Le code commence par l'inclusion des bibliothèques nécessaires, à savoir Wire.h pour la communication I2C, SparkFun_VL53L5CX_Library.h pour le capteur ToF et Adafruit_NeoPixel.h pour la gestion de la matrice LED.
2. **Définition des Broches et des Paramètres** : Les broches utilisées pour la communication et le contrôle sont définies, ainsi que des paramètres tels que le nombre de LEDs dans la matrice et sa taille.
3. **Initialisation des Objets** : Les objets nécessaires pour contrôler le capteur ToF et la matrice LED sont créés. Un objet VL53L5CX est instancié pour interagir avec le capteur et un objet Adafruit_NeoPixel est créé pour la gestion de la matrice LED.
4. **Configuration du Capteur** : Le capteur est initialisé avec sa résolution et sa fréquence d'échantillonnage appropriées.
5. **Initialisation de la Matrice LED** : La matrice LED est configurée et initialisée avec des LEDs éteintes.
6. **Boucle Principale (loop)** : La boucle principale commence par vérifier si des données de distance sont disponibles du capteur ToF. Si oui, les données sont récupérées et utilisées pour mettre à jour les LEDs de la matrice en fonction des distances mesurées.
7. **Fonctions Auxiliaires** : Deux fonctions auxiliaires sont définies pour initialiser les LEDs de la matrice et mettre à jour leur état en fonction des données de distance.

Fonctionnalités Clés

- **Mesure de Distance en Temps Réel** : Le capteur ToF mesure les distances en temps réel et les données sont récupérées périodiquement pour mise à jour de la matrice LED.
- **Visualisation sur la Matrice LED** : Les données de distance sont converties en couleurs LED et affichées sur la matrice en fonction des valeurs mesurées.
- **Contrôle des LEDs** : Les LEDs de la matrice sont contrôlées individuellement pour représenter les données de manière visuelle et intuitive.

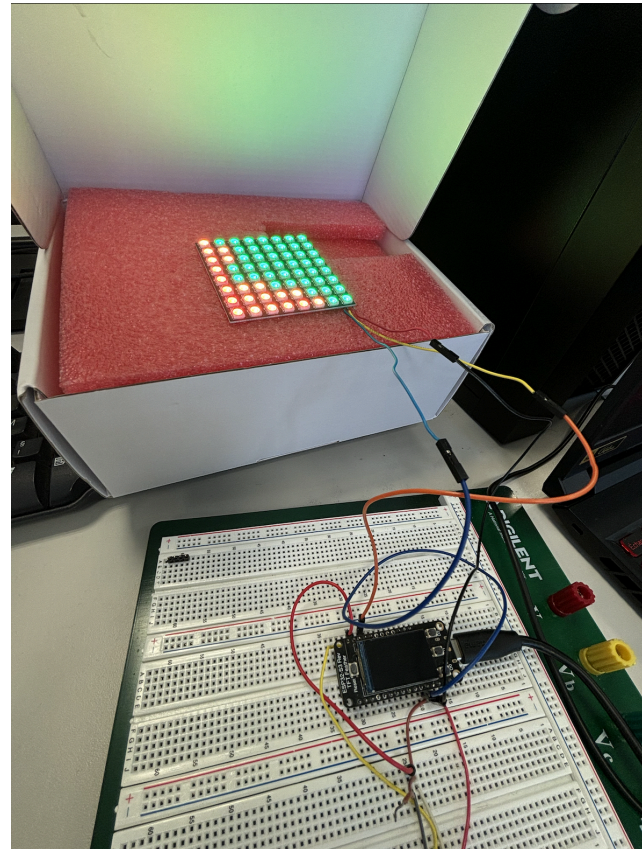
Ce code Arduino permet une intégration réussie d'un capteur ToF avec une matrice LED, offrant ainsi une solution pratique pour la mesure et la visualisation des distances en temps réel. Sa structure modulaire et ses fonctionnalités clés en font un outil efficace pour l'étude et l'exploration des capteurs de distance ToF dans diverses applications.

Conclusion

En conclusion, le projet a permis une intégration réussie d'un capteur Time-of-Flight (ToF) avec une matrice LED, répondant ainsi aux exigences du cahier des charges initial. Le capteur VL53L5CX a démontré des avantages significatifs, notamment sa rapidité de mesure, sa précision et sa fiabilité dans la collecte des données de distance. Cependant, des limitations ont été observées, telles que des interférences potentielles dans des environnements bruyants. Malgré cela, l'ajout de fonctionnalités interactives à la matrice LED a amélioré l'expérience utilisateur, offrant une visualisation claire et intuitive des données de distance mesurées. En somme, le projet a rempli avec succès ses objectifs en explorant les capacités et les limites des capteurs ToF dans un contexte pratique.

Perspectives d'amélioration :

Pour améliorer encore davantage le projet, une perspective intéressante serait d'implémenter la récupération et le stockage des données du capteur sur un serveur distant. Cela permettrait une analyse plus approfondie des données collectées, ainsi qu'une utilisation à distance du système. De plus, l'intégration de fonctionnalités de communication sans fil, telles que le Wi-Fi ou le Bluetooth, pourrait étendre la portée d'utilisation du projet, permettant un contrôle et une surveillance à distance. En outre, l'exploration de techniques avancées de traitement des données, telles que l'apprentissage automatique, pourrait offrir de nouvelles perspectives pour l'analyse et l'utilisation des données de capteur.



Résumé :

Le rapport présente l'intégration réussie d'un capteur Time-of-Flight (ToF) VL53L5CX avec une matrice LED, répondant aux exigences du cahier des charges. Le capteur a démontré des avantages significatifs, tels que sa rapidité, sa précision et sa fiabilité dans la collecte des données de distance, bien que des limitations aient été observées dans des environnements bruyants. L'ajout de fonctionnalités interactives à la matrice LED a amélioré l'expérience utilisateur en offrant une visualisation claire et intuitive des données mesurées. En conclusion, le projet a atteint ses objectifs en explorant les capacités et les limites des capteurs ToF dans un contexte pratique. Pour des améliorations futures, la récupération et le stockage des données sur un serveur distant, l'intégration de communication sans fil et l'exploration de techniques de traitement avancées sont suggérées.

Summary :

The report presents the successful integration of a VL53L5CX Time-of-Flight (ToF) sensor with an LED matrix, meeting the requirements of the initial specifications. The sensor demonstrated significant advantages, such as its speed, precision, and reliability in collecting distance data, although limitations were observed in noisy environments. Adding interactive features to the LED matrix improved the user experience by providing clear and intuitive visualization of the measured data. In conclusion, the project achieved its objectives by exploring the capabilities and limitations of ToF sensors in a practical context. For future enhancements, suggestions include data retrieval and storage on a remote server, integration of wireless communication, and exploration of advanced data processing techniques.