Contexte :

Ce projet est réalisé dans le cadre de l’UF « du capteur au banc de test » pour les étudiants en quatrième année Génie Physique. Nous nous sommes inspirées de l’article scientifique Pencil Drawn Strain Gauges and Chemiresistors on Paper (Cheng-Wei Lin, Zhibo Zhao, Jaemyung Kim & Jiaxing Huang). Cet article explique comment faire un capteur résistif à partir de crayon et de papier.

Quand on écrit avec un crayon gris sur du papier, on dépose des couches de graphites qui sont des conducteurs et laisse passer le courant mais avec une résistance. En déformant ce papier, les chaines de graphique sont plus ou moins éloignés et le courant circule plus ou moins facilement ce qui implique une variation de résistance. Ce phénomène fait qu’on peut faire de ce capteur une jauge de contrainte.

L’objectif de ce projet est donc de pouvoir réaliser une jauge de contrainte « low-tech »

SOMMAIRE

Contexte

Livrables

Matériel nécessaire

Simulation LTSpice

Design du PCB via KiCad

Réalisation du Shield

Code Arduino

Application mobile Android via MIT App Inventor

Banc de test

Résultats

Datasheet du capteur graphite

Conclusion

Livrables :

* Le Shield PCB branché sur une carte Arduino UNO, intégrant le capteur graphite, un module Bluetooth, un encodeur rotatoire, un potentiomètre numérique, un écran OLED, et un capteur de flexion industriel.
* Le code Arduino qui permet de contrôler tous les composants et d’acquérir les mesures. (Mesure de résistance, Connection Bluetooth, Affichage de l’OLED, l’encodeur rotatoire et le potentiomètre numérique)
* L’application Android qui permet d’afficher la valeur de la résistance directement sur son téléphone.
* La datasheet du capteur en graphite (avec différentes valeurs de crayon)

Matériel nécessaire :

Pour concevoir notre dispositif, on a besoin de ces composants :

* Des résistances : 1 résistance de 1 kΩ, 1 résistance de 10 kΩ, 2 résistances de 100 kΩ, une résistance R2 qui correspond au potentiomètre numérique (le MCP41050) et une résistance de 47 kΩ pour la jauge de contrainte industrielle
* Des capacités : 2 capacités de 100 nF et 1 de 1 µF
* D’un amplificateur opérationnel : le LTC1050
* Un module Bluetooth HC-05
* Un encodeur rotatoire ESP32
* Un écran OLED 128 \* 64
* Un flex sensor
* Le capteur graphite (connecté avec des pinces croco) fait avec un papier et un crayon
* La carte Arduino UNO

Simulation LTSpice :

La résistance interne du capteur graphite est de l’ordre du GΩ donc le courant généré après application de la tension de 5V (Valeur de l’arduino) est faible (de l’ordre du nA). On a besoin de l’amplifier grâce à un montage transimpédance composé d’un amplificateur opérationel (AOP), le LTC1050, qui peut capter les signaux de faible intensité.

Une image contenant diagramme, texte, Plan, Dessin technique

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Ce montage est composé de 3 filtres afin de limiter le bruit :

* En rouge, on filtre le 50 Hz du réseau d’électricité
* En bleu, on filtre le bruit du capteur
* En vert, on filtre le bruit de l’acquisition de l’Arduino

Pour calculer la valeur de la résistance du capteur graphite, la formule est la suivante :

Où R2 correspond à la valeur du potentiomètre numérique.

Design du PCB :

On a conçu notre PCB via le logiciel KiCad, cela s’est fait en 2 étapes :

La première étape consiste en la réalisation du schématique, donc de créer tous les composants qu’on utilise en leur attribuant des pins, un nom et un modèle 3D. Une fois tous nos composants crées, on rajoute le montage de notre amplificateur transimpédance et on affecte chaque pin de l’Arduino à nos composants et on effectue le câblage entre les différents composants.

Une image contenant texte, diagramme, Plan, Parallèle

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Ceci est le schéma électrique de l’ensemble de nos composants.

Une fois cela fait, on doit maintenant positionner l’ensemble de nos composant sur le PCB et les relier par la suite. Il faut placer judicieusement les composants sur le PCB afin qu’il ne se chevauche pas les uns sur les autres, et qu’ils n’empêchent pas le câblage de l’ensemble des composants. Cette étape nécessite une certaine rigueur afin d’éviter le plus que possible de faire des VIA (trou effectué afin de faire des connexions par-dessus certains routage).

Voici le résultat de notre routage sur notre PCB :

Une image contenant texte, carte, capture d’écran, diagramme

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

U6 correspond à l’encodeur rotatoire (et le servor a été mit en plus si on avait besoin d’un servo motor pendant les manipulations)

Le modèle 3D est le suivant :

(faire à l’insa car bug)

Réalisation du shield :

Une fois le PCB réalisé sur KiCaD, on l’a envoyé à Cathy afin qu’elle puisse vérifier que le PCB est correct et prêt à être imprimer. Pour cela, on lui a envoyer notre Gerber, le schéma contenant que le routage de notre carte. Le Gerber sert de masque afin de faire une impression UV sur une couche en cuivre sur la carte en époxy. Une fois cette impression fait, elle a plongé la plaque dans un révélateur qui a retiré les zones non exposées. Enfin un lavage à l’acétone permet d’enlever les dernières impuretés

Il faut par la suite percer des trous sur notre plaque avec un fôret (0.8mm pour les composants et 1mm pour les pins de l’Arduino).

Une fois cette étape effectuée, on place tous nos composants sur notre Shield, puis on raccorde le Shield avec la carte Arduino Uno :

Une image contenant Ingénierie électronique, Composant de circuit, Composant de circuit passif, fils électriques

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Code Arduino :

On code maintenant le programme qui permet de faire fonctionner notre système. Dans ce code on peut contrôler un menu qui s’affiche sur l’écran OLED à l’aide de l’encodeur rotatoire. On peut rentrer manuellement la valeur du potentiomètre numérique à l’aide de ce menu, on peut contrôler la connexion Bluetooth et on peut lire la valeur de la résistance liée à la déformation du capteur.

Le code est présent dans notre Git.

Application android :

On a créé l’application grâce au logiciel MIT App Inventor. C’est un APK et il est composé d’une face avant et d’une face arrière :

Une image contenant texte, Appareils électroniques, Téléphone mobile, capture d’écran

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Ceci est la face avant

Une image contenant texte, capture d’écran, logiciel

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.Et ceci est la face arrière.

Grâce à cette application, on peut se connecter sur le module Bluetooth et récupérer la valeur de la résistance en fonction de la flexion.