
Soil Moisture Sensor

Wireless sensor practicals | MICRO-333

Group 9 | MT-BA6



De Nuccio Luca | 311755

Klein Florian | 344732

Hajroun Zaynab | 346235

Decaux Théodore | 329169

Table des matières

1	Introduction	2
2	Principe de fonctionnement	2
3	Schéma de la carte du capteur et de ses composants	2
3.1	Variation de la capacité	2
3.2	Filtre passe-bas	3
3.3	Schéma et liste des composants	3
4	Disposition du PCB	4
4.1	Taille de la capacité	4
4.2	Electronique	4
4.3	Méthode du pick and place	4
5	Conception et fabrication du package	5
5.1	Choix des matériaux	5
5.2	Design du boîtier	5
5.3	Assemblage	5
5.4	Impression 3D	5
5.5	Précautions prises	6
6	Analyse des performances	6
6.1	Test et résultats	6
6.2	Améliorations possibles	7
7	Conclusion et feedback	7

1 Introduction

Dans le cadre du projet de Wireless sensor, il nous a été demandé de travailler sur la conception d'un capteur sans fil pouvant envoyer des données via bluetooth sur un téléphone. Nous avons choisi de développer un capteur d'humidité du sol afin de déterminer lorsqu'une plante a besoin d'être arrosée.

Pour cette application, les capteurs les plus communs sont soit capacitifs soit résistifs. Généralement, les capteurs résistifs sont moins robustes et sont plus sensibles à la corrosion. Ainsi, nous avons donc choisi de développer un capteur capacitif.

2 Principe de fonctionnement

Ce capteur capacitif permet la détection d'humidité dans l'environnement qui l'entoure grâce à la tension qu'il voit à ses bornes. En effet, la capacité d'un condensateur dépend du milieu diélectrique dans lequel il se trouve. En fonction de ce dernier, la tension qu'il produit varie.

Cependant, pour observer cette variation, il faut que le condensateur puisse se charger, stabiliser sa tension, se décharger et recommencer le cycle. Un timer apportant une tension de référence ou nulle au condensateur permet de faire ce cycle.

3 Schéma de la carte du capteur et de ses composants

3.1 Variation de la capacité

Le changement de capacité est perçu par l'utilisateur grâce à la tension de sortie de la capacité. Il faut donc pouvoir charger et décharger la capacité afin de voir ses changements de tension venant de la charge et de la décharge.

Cette dernière se fait grâce au timer TLC555C qui permet d'alimenter la capacité avec un signal carré. Ce timer a été choisi car il fonctionne avec les 3V imposés. L'électronique associée (R2,R3,C2) a été choisie en fonction de sa datasheet (1) et pour définir sa fréquence selon les formules suivantes :

$$t_H = 0.693 * (R_1 + R_2) * C$$

$$t_L = 0.693 * R_2 * C$$

Avec

- t_H : Time high
- t_L : Time low

La capacité de mesure C1 a été dimensionnée selon l'équation suivante :

$$C = \epsilon \frac{A}{D}$$

- C : la capacité (F)
- ϵ : la permittivité du matériau entre les plaques (F/m)
- A : la surface de l'une des plaques (m²)
- D : la distance entre les deux plaques (en mètres, m)

Le bruit de mesure ayant une faible capacité, il fallait donc que la capacité de mesure ait une capacité élevée pour ne pas les confondre. Pour ce faire, il faut maximiser la surface de contact tout en minimisant la distance entre les plaques.

3.2 Filtre passe-bas

La capacité variable C1, qui varie donc en fonction du taux d'humidité du milieu dans lequel elle se trouve, est en série avec la résistance R1 pour former un filtre passe bas. Ce filtre passe bas permet de donc de filtrer les signaux à une fréquence supérieur à la fréquence de coupure défini par la valeur de R1 et C1 :

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Ainsi lorsque la valeur de C1 varie, la fréquence de coupure varie. Nous avons choisi une fréquence de signaux carré du timer (TLC555C) bien supérieur a la fréquence de coupure max que peut prendre la circuit RC ce qui signifie que lorsque la fréquence de coupure varie, le signal carré est plus ou moins filtré a cause de la courbe de -20 Db/dec.

La diode permet de redresser le signal de charge et décharge du condensateur pour donner une tension constante en fonction du temps et dépendant juste du filtrage.

3.3 Schéma et liste des composants

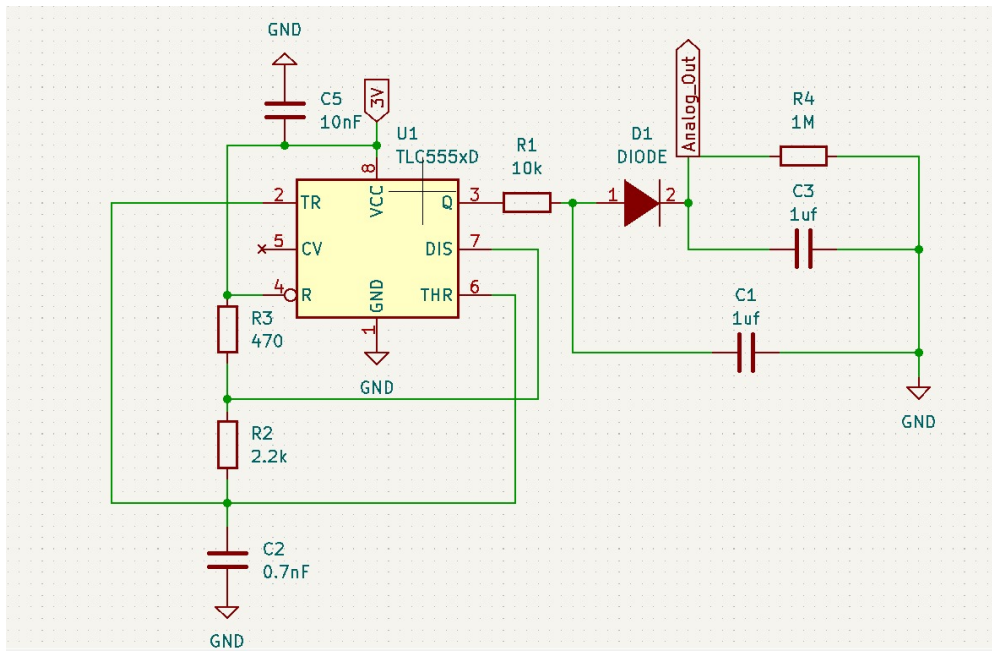


FIGURE 1 – Schéma de la carte du capteur et des composants

Nom	Type	Valeur	Casing
Résistance R1	SMD (Surface Mount Device)	10 $k\Omega$	0805
Résistance R2	SMD (Surface Mount Device)	2.2 $k\Omega$	0805
Résistance R3	SMD (Surface Mount Device)	470 Ω	0805
Résistance R4	SMD (Surface Mount Device)	10 $M\Omega$	0805
Condensateur C1	PCB	variable	PCB
Condensateur C2	SMD (Surface Mount Device)	700 pF	0805
Condensateur C3	SMD (Surface Mount Device)	1 μF	0805
Condensateur C5	SMD (Surface Mount Device)	10 nF	0805
Diode D1	1N4148		SOD 123
Timer	TLC555C		SOIC

TABLE 1 – Liste des composants

Nous avons choisi des résistances et condensateurs SMD 0805 car ils ne sont pas aussi grands et ne prennent autant de place que les composants THT mais nous n'avons pas pris de composants SMD trop petits non plus pour que si des composants devaient être changé cela aurait été possible avec un fer à souder.

4 Disposition du PCB

4.1 Taille de la capacité

Comme mentionné dans la section 3.1, il faut que la capacité de mesure soit élevée pour s'affranchir au mieux des effets du bruit qui opèrent à de faibles capacités. Pour ce faire nous avons maximisé sa taille tout en minimisant la distance entre ses plaques. Ce qui limite la taille de la surface est son application. Nous avons jugé qu'il n'était pas nécessaire qu'il soit plus long qu'une dizaine de centimètres, car au-delà, il ne serait plus utilisable pour certaines petites plantes de bureau.

4.2 Electronique

Pour ce qui est de l'électronique, nous l'avons placé proche de la capacité pour amoindrir le bruit des contacts et nous l'avons rendu la plus compacte possible afin de diminuer le coût par surface des PCB. Cela nous a aussi permis de réduire la taille globale du capteur pour éviter qu'il ne soit trop encombrant.

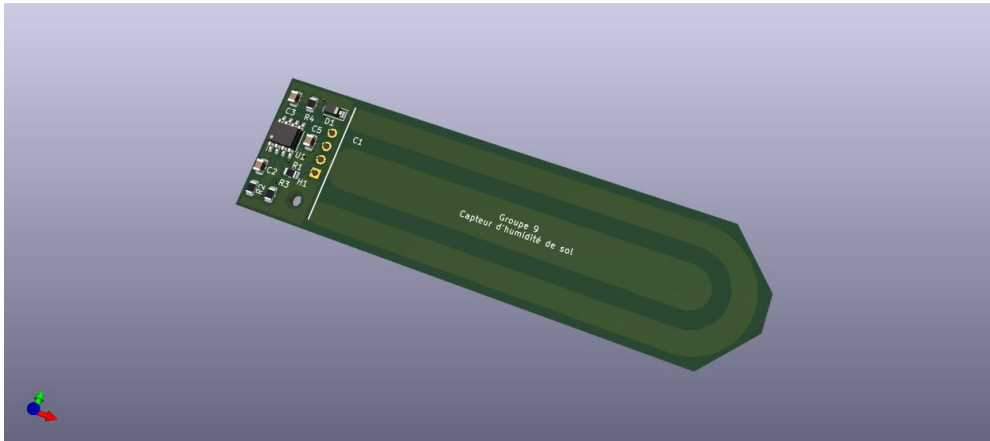


FIGURE 2 – Conception CAO du circuit imprimé (Daughterboard)

4.3 Méthode du pick and place

Nous avons eu l'occasion d'utiliser, au DLL, la méthode du "pick and place" pour déposer les composants sur notre PCB. La méthode du "pick and place" appliquée au placement de composants sur un circuit imprimé (PCB) est essentielle dans l'assemblage électronique. Cette technique implique l'utilisation de machines qui sélectionnent des composants électroniques individuels, tels que des résistances, des condensateurs, et des puces, et les placent avec précision sur le PCB conformément au design préétabli.

Le processus commence par la préparation des composants, souvent disposés sur des bobines ou des plateaux. Grâce au bras amovible de la machine équipé de buses d'aspiration et de pinces spécialisées nous avons pu prélever chaque composant et le positionner précisément sur le PCB. Cette méthode assure une grande précision et répétabilité, indispensable pour la miniaturisation et la complexité croissante des circuits électroniques modernes. Elle permet également une production rapide et efficace, réduisant les coûts et améliorant la fiabilité des dispositifs électroniques.

5 Conception et fabrication du package

5.1 Choix des matériaux

Tout d’abord, la conception de notre packaging est réalisée de manière à pouvoir protéger la motherboard et la daughterboard de toute infiltration d’eau ou de terre. Nous avons choisi de réaliser notre boîtier en plastique PETG avec des joints en silicone. Le PETG contrairement au PLA est plus résistant à l’environnement extérieur et n’est pas biodégradable.

5.2 Design du boîtier

Le boîtier est constitué de deux parties ; la partie supérieure (1) et la partie inférieure (2) (figure 3a). La partie inférieure épouse la forme de notre PCB. Elle contient une fente pour laisser passer la capacité qui permet d’effectuer les mesures ainsi qu’un logement pour l’interrupteur. Nous avons choisi de laisser ce dernier hors du boîtier pour qu’il soit accessible par l’utilisateur. La partie supérieure est une simple plaque contenant deux trous pour les vis.

5.3 Assemblage

Pour l’assemblage, il faut tout d’abord connecter la daughter board à la motherboard aux travers des pins de connection. Ensuite, il suffit de glisser la daughterboard dans la fente de la partie inférieure du boîtier et lui visser la motherboard avec la plaque supérieure. Nous avons choisi d’utiliser un connecteur Pin socket horizontal sur la daughterboard pour placer cette dernière perpendiculairement par rapport à la motherboard. Cela permet de planter directement la daughterboard dans la terre et d’éloigner la motherboard le plus possible de la terre qui peut être humide et détériorer les composants électroniques.

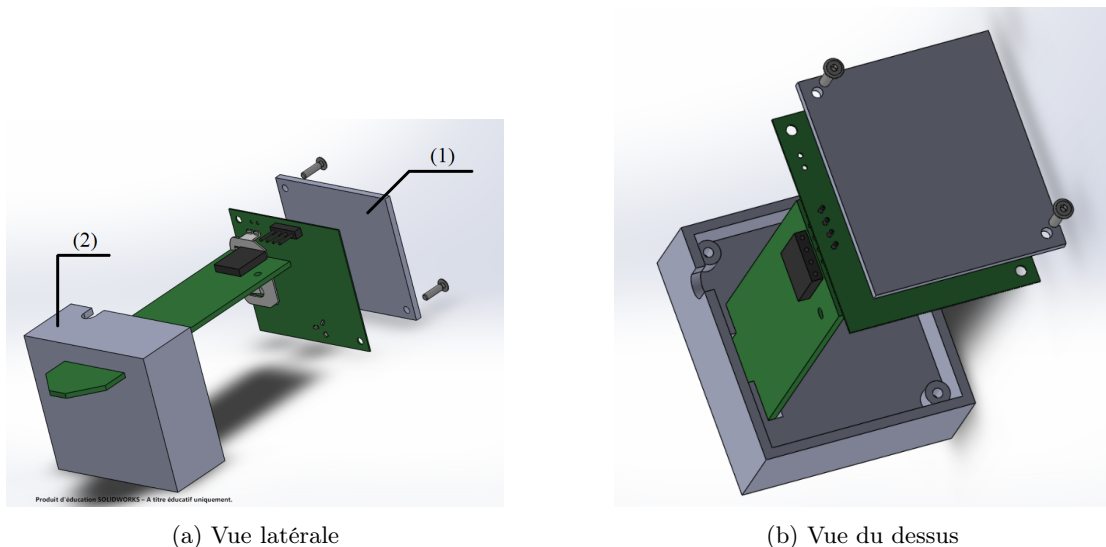


FIGURE 3 – Vues 3D de l’assemblage du boîtier sur le PCB

5.4 Impression 3D

L’impression 3D offre une méthode innovante et flexible pour prototyper et fabriquer des boîtiers personnalisés. Nous avons tout d’abord conçu un modèle numérique de boîtier en utilisant un logiciel de CAO (conception assistée par ordinateur), puis nous l’avons imprimé en 3D pour créer rapidement un prototype physique.

Cette approche nous a permis de tester l’ajustement, la fonctionnalité et l’esthétique du boîtier en temps réel, facilitant les modifications et les itérations avant la production finale. L’impression 3D a ainsi rendu le processus de conception plus interactif et efficient, permettant d’explorer des solutions créatives et de surmonter les défis de fabrication traditionnelle.

5.5 Précautions prises

Par ailleurs, la fente se trouvant sur la partie inférieure du boîtier et permettant le logement de la daughterboard possède un faible jeu avec le pcb. Si des particules y pénètrent, ceci pourrait compromettre l'électronique . Pour pallier à ce problème, nous avons placé du silicone tout autour de la fente pour la sceller complètement. De plus nous avons appliqué une couche de laque imperméabilisante pour électronique sur la daughterboard pour la protéger de l'humidité constante et prolonger sa durée de vie.

6 Analyse des performances

6.1 Test et résultats

Pour vérifier le fonctionnement du capteur, nous avons comparé les valeurs qu'il envoie en bluetooth lorsqu'il se trouve en milieu sec et humide. En figure 4, on peut observer les valeurs obtenues pour ces différents milieux et en conclure que le capteur permet bien de différencier les 2 environnements.

En effet, on peut remarquer une nette différence entre la valeur envoyée par le capteur lorsqu'il se trouve en milieu sec et en milieu humide. Pour le milieu sec la valeur, en décimal, est de 49-204 contre 28-68 pour le milieu humide. Comme on peut le voir en figure 5, la valeur 49-204 correspond à 2.322V et la valeur 28-68 correspond à 1.220V.

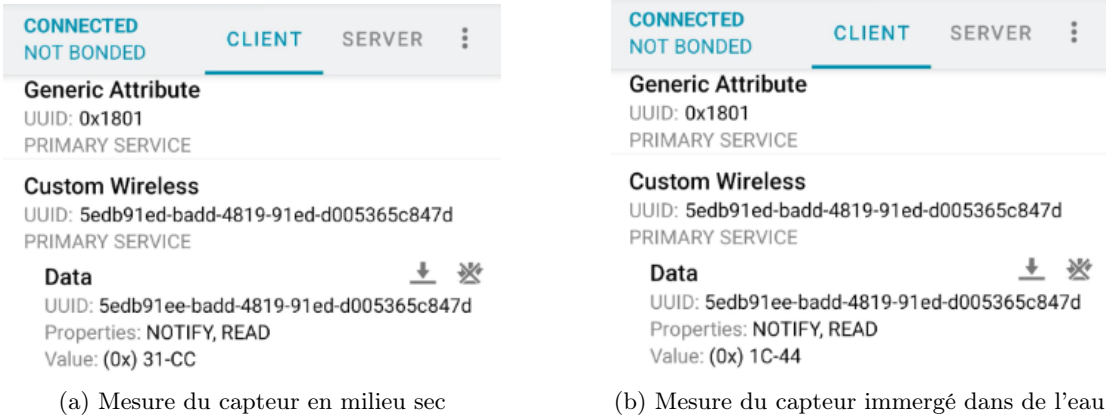
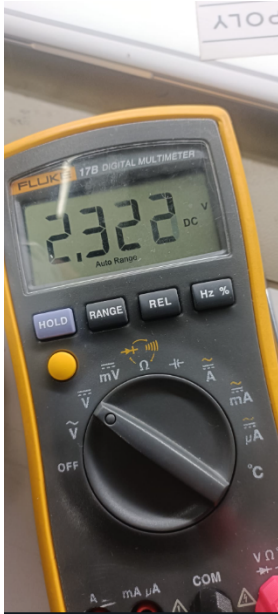
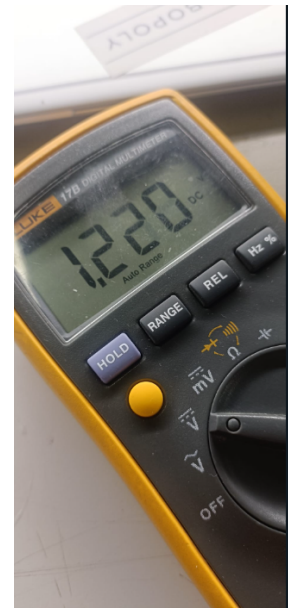


FIGURE 4 – Résultats de mesure via l'application bluetooth



(a) Tension du capteur en milieu sec



(b) Tension du capteur dans de l'eau

FIGURE 5 – Résultat de mesure via le multimètre

6.2 Améliorations possibles

Pour obtenir la plus grande capacité de mesure possible, nous avons choisi une longue surface plate avec une petite distance entre les plaques. Il est possible qu'un arrangement différent de la surface ou de la distance des plaques apportent une valeur plus élevée de la capacité ce qui améliorerait les mesures.

De plus on remarque que les tensions maximales et minimales (dans un environnement sec ou humide) ne couvrent qu'une partie de la plage $[0V ; 3V]$ cela pourrait être amélioré pour avoir une plus grande précision. Cependant cette configuration permet d'être sûr que même si la précision des composants change, le capteur fonctionnera toujours correctement.

Le switch permettant d'éteindre ou d'allumer le capteur, pourrait permettre à l'humidité ou autre impureté de pénétrer dans l'électronique. Il serait peut-être envisageable de trouver une alternative incorporée dans le boîtier.

7 Conclusion et feedback

Le capteur d'humidité du sol répond finalement bien à nos attentes puisqu'il est suffisamment précis pour l'utilisation que nous en faisons. La petite taille du boîtier contenant l'électronique et celle du capteur capacitif nous semble adéquat pour son utilisation dans la terre. Le capteur est portable, robuste, et son encapsulation semble bien protéger l'électronique. Par ailleurs, sa couleur noir le rend bien discret dans un environnement jardinier.

Le cours de "Wireless Sensor Practicals" s'est révélé particulièrement intéressant. Contrairement aux projets habituels, ce cours nous a permis de concevoir et de réaliser un projet concret et fonctionnel. Les formations complémentaires, notamment sur KiCad et l'utilisation des machines Pick and Place en laboratoire, s'avèrent être des compétences précieuses qui seront très certainement utiles dans notre future carrière professionnelle. En outre, la réussite de ce projet, intégrant des aspects d'électronique, de conception de boîtier et de développement d'une interface applicative, est une source de grande satisfaction pour nous.

Références

- [1] A) datasheet timer. URL : https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlc555.pdf?ts=1716899202185&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.dk%252F.