

*Projet de Fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme
de la Licence Sciences et Techniques
Filière : Génie Electrique & Systèmes Industriels*

Sujet :

**Conception et réalisation d'un traceur de
caractéristique tension courant :
Application à la détection de pannes**

Réalisé au sein de :
Département Génie Electrique



Par :
IHFRANE Ali
EL FILALI Zaid

Encadré par :

Pr. MOHAMMED BENLAMLIH (FST-Tanger)

Soutenu le : 13 juin 2024 devant le Jury :

Pr. MOHAMED BOULAALA (Président)

Pr. MOHAMED JBILOU (Examineur)

Pr. MOHAMMED BENLAMLIH (Encadrant)

Année Universitaire : 2023-2024

Remerciement

Nous tenons à remercier en premier lieu ALLAH, le tout puissant, qui nous a donné le courage et la volonté pour bien mener ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude envers l'ensemble des professeurs et du personnel administratif de la Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, qui ont contribué à notre formation.

Nous tenons à adresser nos remerciements les plus sincères à notre encadrant, le Professeur Mohammed Benlamlih, dont l'aide précieuse a été inestimable tout au long de ce projet. Sa disponibilité, sa confiance et ses encouragements ont grandement contribué à la réalisation de ce travail dans les meilleures conditions.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude envers les membres du jury qui ont généreusement consacré leur temps et leur expertise pour évaluer notre projet.

N'oublions pas nos familles qui ont toujours été présentes, que ce soit dans les bons moments ou les mauvais moments, et sans eux, nous n'aurions pas pu arriver là où nous en sommes aujourd'hui.

Enfin, nous témoignons notre sincère amitié et notre respect envers tous nos collègues de la filière GESI.

Liste des acronymes

AOP : Amplificateur opérationnel

BLK : Rétroéclairage

CS : Chip Select

DC : Data_Command

FNC : Serial Data

GND : La masse

REF : Signale de référence

RST : Réinitialisation

SCL : Serial Clock

SDA : Serial Data

VCC ou **VDD**: Alimentation

Résumé

Ce rapport est une synthèse du travail que nous avons effectué dans le cadre de notre projet de fin d'études à la Faculté des Sciences et Techniques de Tanger. Le but principal de ce projet, d'une durée de deux mois, était de concevoir et de réaliser un traceur de caractéristiques de tension courant, dont l'utilisation permet de détecter les pannes.

Pour mener à bien notre travail, nous avons d'abord pris le temps de comprendre le principe de fonctionnement des traceurs de courbes tension-courant. Avant de commencer toute réalisation concrète, il était essentiel de faire une recherche bibliographique des systèmes existants pour s'inspirer.

Après le choix de la configuration compatible avec notre cahier des charges nous avons donc fait le choix des matériels utilisée, en particulier notre composant clé, l'oscillateurs AD9833 et l'affichage sur l'écran couleur ST7735 (1.8). Sans une compréhension approfondie de ce composant, il aurait impossible de poursuivre la réalisation du projet. Cette étape était donc cruciale.

La conception d'un traceur s'est déroulé en deux parties, d'abord la réalisation des circuit électronique de mesure, puis la programmation an microcontrôleur pour gérer affichage . En tant que résultats, nous avons réussi à concrétiser ce projet, qui est considéré comme une bonne solution pour la détection des pannes des composants électrique.

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 1	2
1. Introduction	3
2. Principe de fonctionnement et application de traceur du courbe	3
2.1 Axe horizontal	4
2.2 Axe vertical.....	5
2.3 Signatures analogiques de composants de base.....	6
2.4 Comment les signatures analogiques sont obtenues	6
2.5 Quelques exemples des traceurs de courbes sur le marché.....	7
3. Les avantages du test de circuits imprimés hors tension à l'aide de traceur des courbes	8
4. Conclusion	9
Chapitre 2	10
1. Introduction.....	11
2. circuit de mesure	11
2.1 circuit d'amplification	11
2.2 circuit de mesure fondamentale	11
2.3 circuit d'offset.....	12
2.4 Vue interne sur le traceur	13
2.5 protocoles de communication pour l'interfaçage entre arduino et les périphériques	14
2.6 alimentation de l'arduino et AOP	16
3. vue globale sur le circuit de traceur	16
4. Organigramme du programme traceur du courbe	18
5. conclusion.....	19
Chapitre 3	20
1. Introduction.....	21
2. Les composants clés du traceur de courbe	21
2.1 Écran LCD TFT 1,8 pouces 128RGBx160.....	21
2.2 Générateur d'onde électrique AD9833	22
2.3 Une carte Arduino Nano	23
2.4 Un relais.....	24
3. Conclusion	25
Chapitre 4	26
1. Introduction.....	27

2. Plan de Test	27
2.1 Test de circuit mesure de tension et de courant.....	27
2.2 Test d’affichage de courant en fonction de tension d’un composant	29
2.3 Test de mesure et d’affichage de courant en fonction de tension de deux composantes	31
2.4 Test de système global de traceur de caractéristique tension courant	33
3. Améliorations et perspectives	34
4. Conclusion	34
Conclusion générale	35

Liste des figures

Figure 1 : Schéma fonctionnel du traceur de courbe.....	3
Figure 2 : Affichage avec bornes de test ouvertes.....	4
Figure 3 : Afficher les lignes de l'axe horizontal et du réticule	5
Figure 4 : Affichage avec bornes en court-circuit	5
Figure 5 : Signatures analogiques des quatre composants de base.....	6
Figure 6 : test d'un composant par deux sondes.....	6
Figure 7 : Traceur de courbe UCE-CT220L	7
Figure 8 : Le Tracker 3200S	8
Figure 9 : Circuit d'amplification	11
Figure 10 : Circuit de mesure fondamental.....	12
Figure 11 : Circuit d'offset.....	13
Figure 12 : Rôle des parties de circuit traceur de courbe	13
Figure 13 : Schéma de circuit sur carte prototypage	14
Figure 14 : Vue externe du Projet	17
Figure 15 : Schéma globale du traceur de courbe	17
Figure 16 : TFT écran.....	21
Figure 17 : générateur AD9833	22
Figure 18 : Arduino Nano.....	24
Figure 19 : Relais	24
Figure 20 : générateur de fonction	27
Figure 21 : montage sur breadboard du circuit de mesure sans offset.....	28
Figure 22 : Images de l'oscilloscope en différentes configurations	28
Figure 23 : Circuit d'affichage sur une breadboard	29
Figure 24 : Test d'affichage du circuit ouvert	29
Figure 25 : Test d'affichage du court-circuit.....	30
Figure 26 : Test d'affichage de la résistance.....	30
Figure 27 : Test d'affichage du condensateur	30
Figure 28 : Circuit global sur breadboard.....	31
Figure 29 : circuit d'offset non fonctionnel sur KiCad.....	31
Figure 30 : Image avec anomalie de traçage sur CH2	32
Figure 31 : Image sans anomalie de traçage sur CH2	32
Figure 32 : Test d'une carte avec le traceur	33
Figure 33 : Caractéristiques tension-courant de deux diodes.....	33
Figure 34 : Caractéristiques tension-courant de deux condensateurs.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : échelle horizontale par plage de tension	4
Tableau 3 : la connexion entre les broches d'Arduino et écran TFT	15
Tableau 4 : la connexion entre les broches d'Arduino et générateur AD9833.....	15
Tableau 5 : la connexion entre les broches d'Arduino et relais	16
Tableau 2 : Caractéristique de AD9833.....	23

Introduction générale

De nos jours, il est courant que les grandes entreprises fassent l'acquisition de cartes électroniques coûteuses pour leurs équipements. Ces cartes sont indispensables pour que leurs systèmes et leurs processus fonctionnent correctement. Toutefois, si ces cartes tombent en panne ou se dégradent, l'achat d'une nouvelle peut entraîner des dépenses considérables et des délais de livraison.

Nous avons donc besoin d'un appareil pour détecter les pannes. Il s'agit d'un traceur de caractéristiques tension-courant, pour détecter les pannes dans les circuits électriques. Il permet de tracer et d'analyser les caractéristiques électriques d'un circuit, offrant ainsi une vision précise de son fonctionnement en plus la fonctionnalité de traçage de deux courbes à la fois de comparer deux cartes et d'accélérer les processus de trouver les bonnes.

Grâce à l'utilisation d'un traceur, il devient possible de réparer ces cartes défectueuses plutôt que de les remplacer. Cela permet de réaliser des économies significatives pour les entreprises, tout en préservant la durée de vie et la performance des équipements existants.

Le traceur est largement utilisé dans le secteur industriel pour la maintenance et la détection de dysfonctionnements dans les circuits électriques. Il facilite la détection des anomalies et des défaillances en visualisant les variations de tension et de courant à différents points du circuit. Grâce à cette technique, les techniciens peuvent diagnostiquer rapidement les problèmes et prendre les mesures nécessaires pour rétablir le bon fonctionnement des équipements.

Dans ce rapport, nous présenterons les étapes que nous avons entreprises afin de réaliser un traceur de caractéristiques tension-courant, le travail est reparti sur quatre chapitres.

Le premier chapitre de ce rapport abordera le principe de fonctionnement des traceurs de courbes et leurs applications. Ensuite, nous allons passer en revue en détail le choix du circuit de base que nous avons utilisé pour fabriquer notre traceur. Le troisième chapitre jouera un rôle essentiel en expliquant en détail la réalisation de notre système, en décrivant les différentes étapes que nous avons suivies. Enfin, nous illustrerons le fonctionnement de notre système en présentant des exemples concrets de son utilisation.

Chapitre 1

Principe de fonctionnement et applications des traceurs de courbes

Exploration des différents traceurs de courbes existants sur le marché, de leurs applications et de leurs principes de fonctionnement, ainsi que la solution proposée dans ce projet.

1. Introduction

Ce chapitre aborde les principes essentiels qui guident le fonctionnement des traceurs de courbes. En prenant en considération les aspects : échelles, axes, types de graphiques et techniques de représentation des données. Il se penche également sur les diverses utilisations des traceurs de courbes.

2. Principe de fonctionnement et application de traceur du courbe

Un traceur de courbe émet un signal sinusoïdal AC limité en courant de précision vers un composant et affiche le courant et la tension et tout déphasage résultant sur l'écran de l'instrument. Le courant provoque une déviation verticale de la trace sur l'écran, tandis que la tension aux bornes du composant provoque une déviation horizontale de la trace. Cette trace résultante sur l'écran est appelée signature analogique. La figure suivante montre un schéma simplifié du circuit traceur. Le générateur d'onde sinusoïdale est la source du signal de test et est connecté en serie avec une résistance shunt R_s et l'impédance du composant testé Z_L .

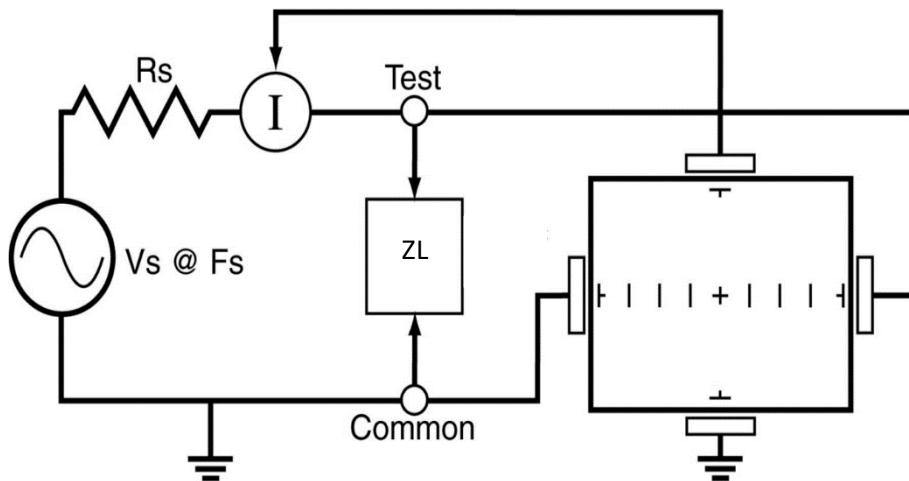


Figure 1 : Schéma fonctionnel du traceur de courbe

Chaque signal ou plage de test possède deux paramètres : tension source V_s , fréquence source F_s . L'objectif est de sélectionner la plage qui affichera les informations de signature analogique les plus descriptives. Un traceur de courbe peut facilement accomplir cela en modifiant le paramètre de portée approprié. La tension source V_s du signal de test peut être utilisé pour améliorer ou

ignorer les caractéristiques de commutation et d'avalanche des semi-conducteurs. Le FS ou fréquence du signal de test.

2.1. Axe horizontal

La tension aux bornes du composant testé contrôle la quantité de déviation horizontale de la trace sur l’affichage des instruments. Lorsque le composant testé est retiré, créant un circuit ouvert (par exemple, $Z_L = \infty$), la tension aux bornes de sortie est à son maximum et donc la trace sur l’écran est une ligne droite horizontale avec sa largeur maximale.

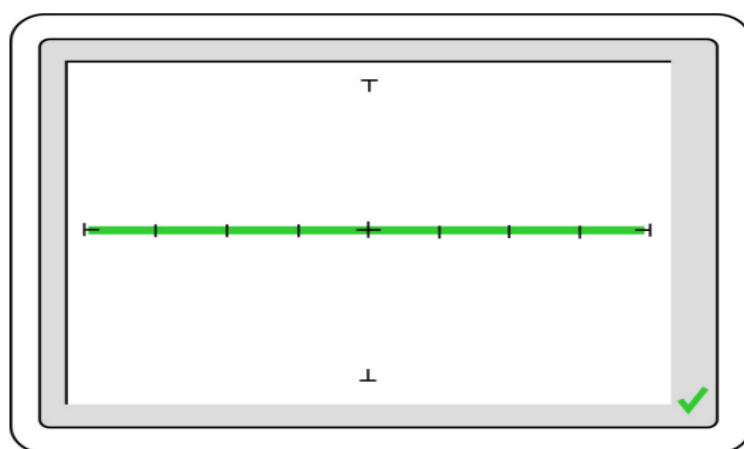


Figure 2 : Affichage avec bornes de test ouvertes

L'axe horizontal est divisé par de petites lignes de réticule similaires à celles d'un oscilloscope classique. Chaque marque représente environ 1/3 de la tension de plage maximale. Par exemple, dans la plage de 10 V, chaque division correspond à environ 3,33 V. Le tableau suivant montre les volts par division pour chaque plage de tension de l'instrument :

Tableau 1 : échelle horizontale par plage de tension

<i>Gamme</i>	<i>Volts/Div</i>
24V	8V
12V	4V
5V	1.66V
2.5V	0.83V

La zone de visualisation des signatures de l'écran de l'instrument peut également être configurée en quadrants pour afficher les caractéristiques de courant et de tension positives et négatives.

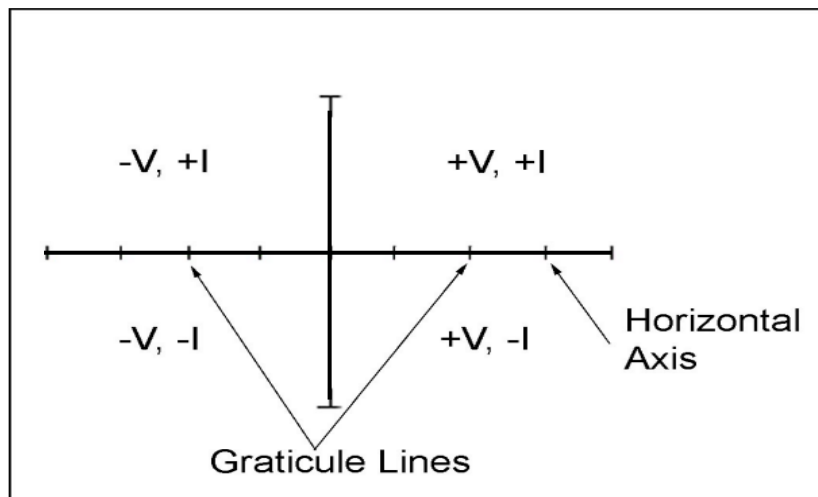


Figure 3 : Afficher les lignes de l'axe horizontal et du réticule

Lorsque le signal de test est positif, cela signifie que la tension et le courant sont positifs, la trace de la signature se trouve donc sur le côté droit de l'écran de l'instrument. Lorsque le signal de test est négatif, la tension et le courant sont négatifs, la trace se trouve donc sur le côté gauche de l'écran.

2.2. Axe vertical

La quantité de déviation verticale de la trace sur l'écran de l'instrument est contrôlée par la chute de tension aux bornes de l'impédance interne R_S de l'instrument. Par ce que $R_S(1k)$ est en série avec la charge Z_L , cette tension sera proportionnelle au courant circulant dans R_L , qui traverse le composant testé en constituant la partie verticale de la signature.

Quand Z_L est en court-circuit, il n'y a pas de chute de tension aux bornes de R_L ne provoquant aucune composante horizontale affichée dans la signature analogique. Cette signature de court-circuit est une trace de ligne verticale sur l'écran de l'instrument, comme illustré à la Figure 4.

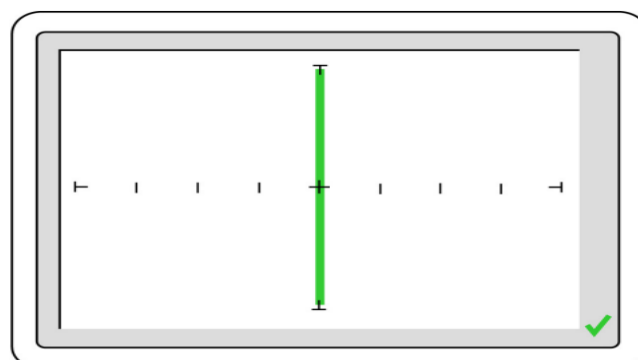


Figure 4 : Affichage avec bornes en court-circuit

2.3. Signatures analogiques de composants de base

Toutes les signatures analogiques sont un composite d'une ou plusieurs des quatre signatures de composants de base qui sont : la résistance, la capacité, l'inductance et la semi-conductance. Les signatures de semi-conductance peuvent montrer une conduction en polarisation directe et inverse. Cela formera un motif semi-conducteur Zener qui montrera les deux jonctions. Reportez-vous à la figure 5.

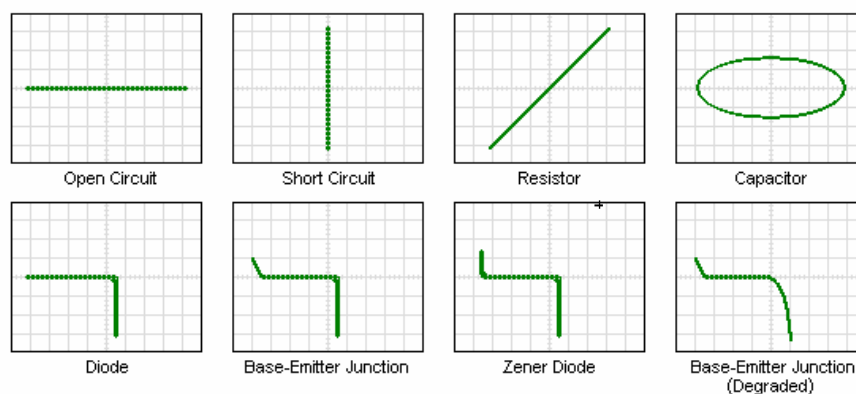


Figure 5 : Signatures analogiques des composants de base

2.4. Comment les signatures analogiques sont obtenues

Pour la plupart des signatures présentées une approche simple à deux sondes est utilisée. Les sondes sont maintenues soit directement à travers un composant, soit entre une broche de composant et une référence commune telle que la masse ou Vcc sur le circuit imprimé.

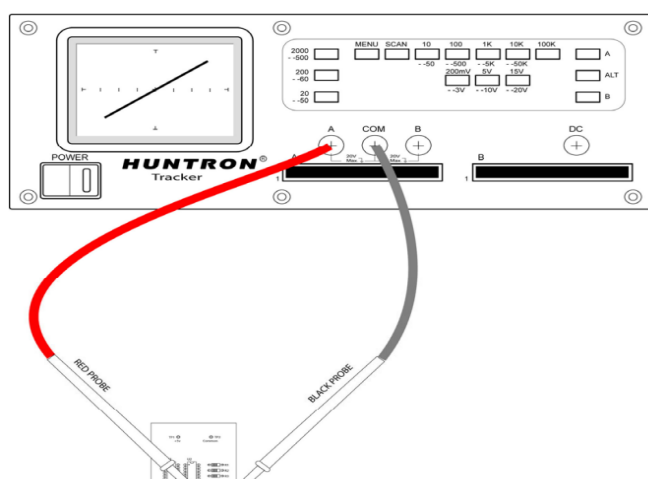


Figure 6 : test d'un composant par deux sondes

Les connexions des canaux A et B sont les connexions de « test » ou de signal. Le signal de test réel est appliqué via ces connexions.

La connexion commune est la référence de signal commune ou « retour de signal ». Ceci est parfois appelé « masse », bien que le commun puisse être fixé à n'importe quel point du circuit imprimé.

2.5. Quelques exemples des traceurs de courbes sur le marché

⇒ Traceur de courbe UCE-CT220L+ permet de visualiser les caractéristiques de deux composants à la fois avec deux sondes (2 chaînes) avec la possibilité de changer les valeurs de tension et de fréquence, son prix est de 492\$.[4]



Figure 7 : Traceur de courbe UCE-CT220L

⇒ Le Tracker 3200S utilise un écran LCD couleur tactile pour contrôler des fonctionnalités telles que la configuration de la portée, la sélection des broches du panneau avant et les paramètres des canaux A/B. L'écran LCD Tracker 3200S offre un taux de rafraîchissement d'écran très rapide pour un filtrage rapide des broches des composants et affiche les signatures des canaux A et B en même temps (mode A+B), son prix est de 1995\$.[5]



Figure 8 : Le Tracker 3200S

3. Les avantages du test de circuits imprimés hors tension à l'aide de traceur des courbes

Le test de circuits imprimés hors tension à l'aide d'un traceur de courbes présente plusieurs avantages :

Sécurité accrue : En effectuant des tests hors tension, on évite les risques de court-circuit ou d'autres dommages électriques qui pourraient survenir lors de la mise sous tension des circuits.

Prévention des dommages : En détectant les éventuels défauts ou erreurs de conception avant la mise sous tension, on réduit le risque de dommages permanents aux composants ou au circuit imprimé.

Pré-détection des pannes : Les tests hors tension permettent de repérer rapidement les éventuels problèmes de fonctionnement ou de connectivité avant que le circuit ne soit mis en service, ce qui facilite la correction des défauts.

Optimisation du processus de fabrication : En identifiant les erreurs dès les premières étapes de production, on évite les retards et les coûts supplémentaires liés à la correction des problèmes une fois que les circuits sont assemblés.

Assurance de la qualité : En garantissant le bon fonctionnement des circuits avant leur utilisation, on améliore la qualité globale du produit final et la satisfaction du client.

En résumé, le test hors tension avec un traceur de courbes contribue à assurer la sécurité, la fiabilité et la qualité des circuits imprimés, tout en réduisant les risques de défauts ou de pannes.

4. Conclusion

Après avoir passé en revue le fonctionnement et les applications de traceur de courbe, il est important de reconnaître que ces dispositifs peuvent être très coûteux, ce qui peut constituer un obstacle pour certains projets ou budgets restreints. Cependant, il est tout à fait possible de concevoir un traceur de courbes à un prix abordable en utilisant des microcontrôleurs. C'est dans cette optique que ce projet est né. Dans le chapitre suivant, nous présenterons l'ensemble des équipements que nous utiliserons pour la réalisation de ce système.

Chapitre 2

Conception du traceur de courbe

Étapes de réalisation du traceur de courbe : Circuit, intégration, connectique,
algorithme

1. Introduction

Après avoir pris en compte tous les éléments essentiels pour la réalisation de ce projet, nous sommes maintenant prêts à nous concentrer sur notre objectif principal, la mise en place de notre traceur de courbe. Pour atteindre cet objectif, nous devons passer par plusieurs étapes, notamment la réalisation des composants physiques et la programmation nécessaire. Dans les prochaines lignes de ce rapport, nous explorerons ces étapes en détail.

2. Circuit de mesure

Le circuit de mesure se compose de plusieurs éléments clés : un circuit d'amplification du signal d'entrée, un circuit de mesure fondamental, et un circuit d'offset. Le circuit d'amplification applique une tension sinusoïdale au composant testé. Le circuit de mesure fondamental mesure le courant et la tension appliquée. Enfin, le circuit d'offset ajuste le niveau du signal pour qu'il soit compatible avec les exigences de l'Arduino, garantissant ainsi une lecture précise et fiable des valeurs.

2.1. Circuit d'amplification

Le premier amplificateur opérationnel est configuré en mode inverseur pour amplifier la tension du générateur d'onde AD9833, augmentant ainsi la valeur de 0.3Vpp à 10Vpp par ajustement d'un potentiomètre. La contre-réaction, allant de la sortie (Vs) vers l'entrée inverseuse (V-), permet à l'AOP1 de fonctionner en mode linéaire grâce à cette rétroaction négative. Avant l'amplificateur, un condensateur est placé pour éliminer la composante continue du signal émis par l'AD9833.

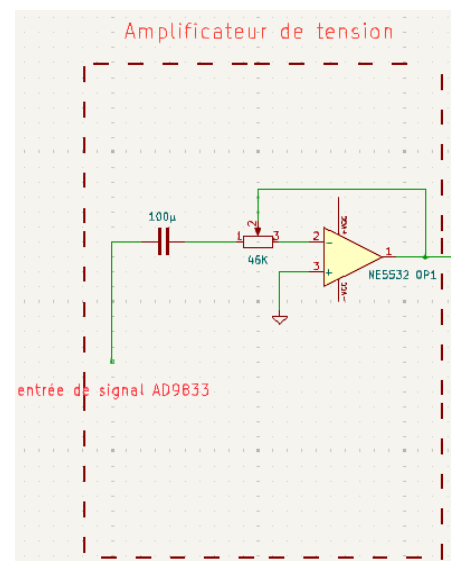


Figure 9 : Circuit d'amplification

2.2. Circuit de mesure fondamental

Le circuit de mesure est conçu pour lire les valeurs de tension et de courant à partir du composant testé, comme illustré à la figure 1 qui montre le principe de fonctionnement. Pour ce faire, nous utilisons deux amplificateurs opérationnels (AOP). Le premier AOP est configuré en amplificateur suiveur pour mesurer la tension. Cette configuration fournit en sortie la même

tension que celle présente aux bornes du composant testé, tout en assurant une isolation d'impédance entre le circuit de mesure et le composant testé.

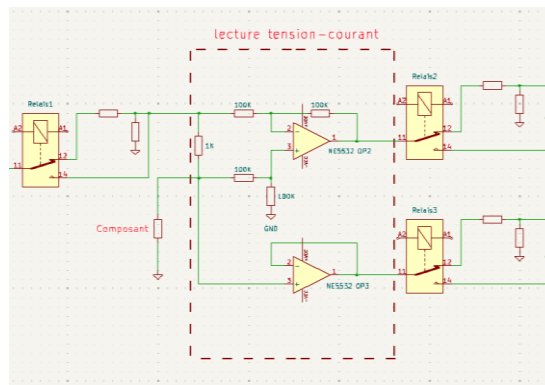


Figure 10 : Circuit de mesure fondamental

Le second AOP est utilisé pour mesurer le courant. Il lit la tension aux bornes d'une résistance de $1k\Omega$ (R_s), qui est proportionnelle au courant traversant cette résistance. Cet AOP est configuré en amplificateur soustracteur non inverseur pour obtenir la différence de potentiel aux bornes de la résistance R_s . Cette configuration permet de mesurer avec précision le courant en fournissant une sortie qui représente la différence de tension aux bornes de R_s , ce qui correspond au courant passant par cette résistance. En utilisant des résistances de même valeur dans le circuit de soustraction, nous assurons une précision et une stabilité dans la mesure du courant.

En résumé, le circuit de mesure utilise des AOP configurés de manière à fournir des lectures précises de tension et de courant, en assurant une isolation et une amplification appropriées pour une analyse fiable des caractéristiques des composants testés.

2.3. Circuit d'offset

Le circuit de mesure de base fournit deux signaux sinusoïdaux dont les amplitudes varient en fonction de la tension appliquée sur le composant testé. Ces signaux peuvent atteindre des valeurs maximales de $\pm V_{max}$. Pour s'assurer que ces signaux varient dans une plage adaptée à l'Arduino, nous utilisons des relais pour réduire leur amplitude de sorte qu'ils oscillent entre -2.5V et 2.5V.

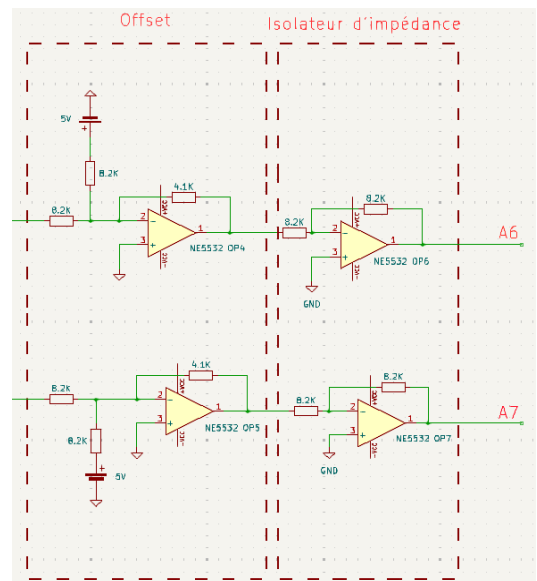


Figure 11 : Circuit d'offset

Ensuite, le circuit d'offset est utilisé pour décaler le niveau de tension de ces signaux afin qu'ils varient entre 0V et 5V, car l'Arduino ne peut pas lire des tensions négatives ni des tensions positives supérieures à 5V. Ce circuit d'offset utilise deux amplificateurs opérationnels (AOP) configurés en amplificateurs sommateurs. Ces AOP additionnent le signal d'entrée et une tension continue de 5V. Grâce à une contre-réaction avec une résistance de 4.1k Ω , soit la moitié de 8.2k Ω , les AOP divisent les potentiels en deux. D'une part, ils divisent la tension de 5V par deux pour obtenir 2.5V, ce qui représente la tension d'offset désirée. D'autre part, ils divisent le signal d'amplitude de 5V par deux.

Enfin, les signaux ainsi ajustés sont introduits dans un AOP suiveur, ce qui permet d'isoler l'impédance du circuit de mesure de celle vue par l'Arduino. Cette isolation est essentielle pour assurer des mesures précises et fiables sans interférences dues aux différences d'impédance.

2.4. Vue interne sur le traceur

La première partie de réalisation de notre système est basé sur le circuit de traceur de courbe qui est divisé sur trois parties : amplification du signal, lecture de tension et l'image de courant aux bornes de composant, l'offset du signal ou bien changement de niveau de tension en 2,5V pour assurer la lecture par Arduino.

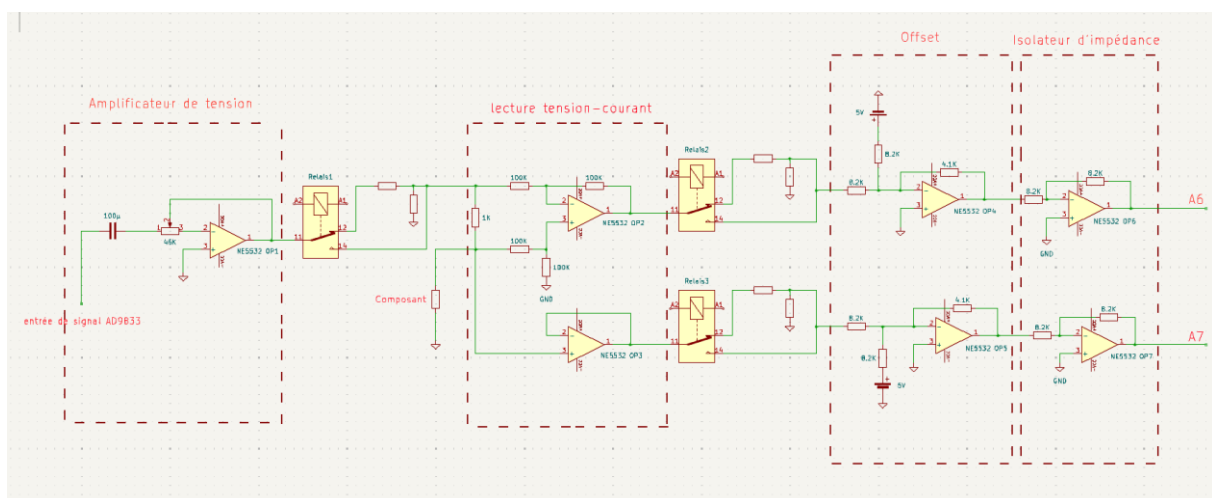


Figure 12 : Rôle des parties de circuit traceur de courbe

Pour effectuer les étapes pratiques, nous utilisons une carte de prototypage pour mettre en place notre circuit traceur de courbe :

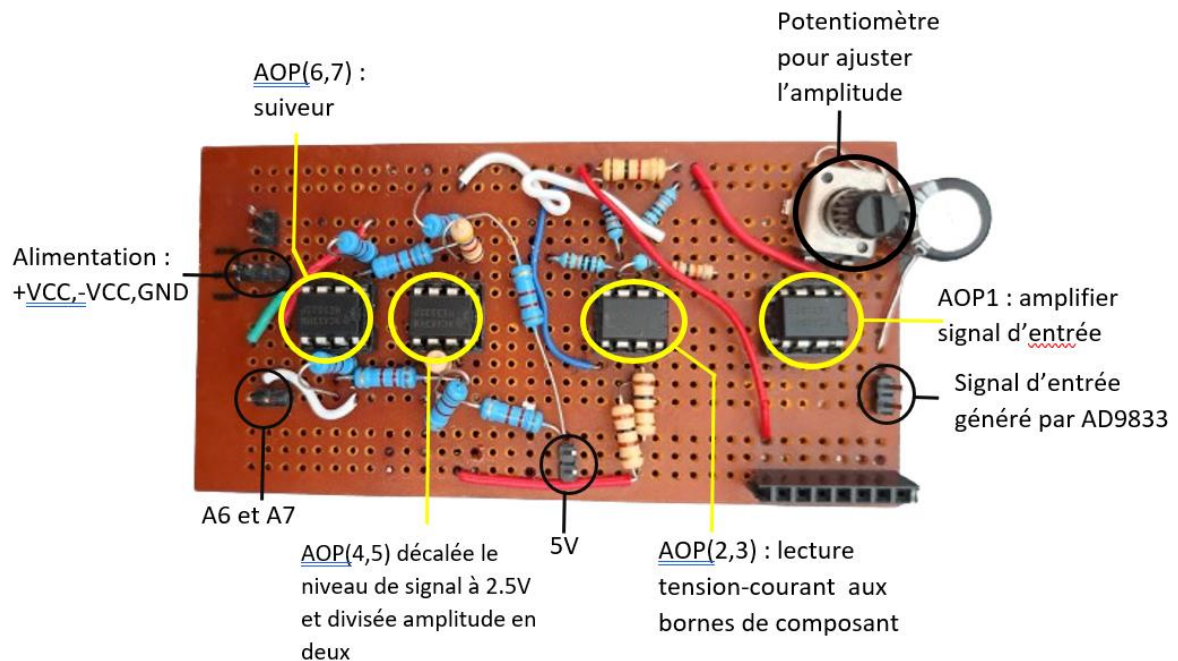


Figure 13 : Schéma de circuit sur carte prototypage

2.5. Protocoles de communication pour l'interfaçage entre Arduino et les périphériques

- L'interfaçage entre l'Arduino et écran TFT :

La plupart des écrans TFT pour Arduino, y compris ceux de petite taille comme le 1.88" 126x160 pixels, utilisent le protocole SPI (Serial Peripheral Interface) pour la communication. Le protocole SPI est rapide et efficace pour le transfert de données entre le microcontrôleur et l'écran, permettant une mise à jour rapide des graphiques et des images affichées. Le câblage d'écran TFT de 1,88 pouce est simple, ne nécessitant que cinq broches de données pour contrôler l'écran. Connecter l'Arduino Nano à l'interface de l'écran TFT ne nécessite que sept connexions. Les connexions comprennent deux pour l'alimentation et cinq pour les données. Le tableau ci-dessous montre les connexions nécessaires.[3]

Tableau 2 : la connexion entre les broches d'Arduino et écran TFT

Broche TFT	Connexion Arduino	Description
GND	GND	Masse
VDD	5V	Alimentation
SCL	D13	Serial Clock
SDA	D11	Serial Data
RST	D8	Réinitialisation
DC	D9	Data_Command
CS	D10	Chip Select
BLK	3.3V (ou avec résistance)	Rétroéclairage

- **L'interfaçage entre l'Arduino et générateur AD9833 :**

Le générateur de formes d'onde AD9833 utilise également le protocole SPI pour la communication avec le microcontrôleur. Le protocole SPI permet au microcontrôleur de configurer et de contrôler les paramètres de génération de signal du AD9833, tels que la fréquence, la phase et la forme d'onde. Le câblage de générateur AD9833 est simple, ne nécessitant que quatre broches de données pour contrôler le signal générer. Connecter l'Arduino Nano à l'interface de *générateur AD9833* ne nécessite que six connexions. Les connexions comprennent deux pour l'alimentation et quatre pour les données.

Tableau 3 : la connexion entre les broches d'Arduino et générateur AD9833

Broche AD9833	Connexion Arduino	Description
VCC	3.3V ou 5V	Alimentation
GND	GND	Masse
DAT	D6	Serial Data
CLK	D7	Serial Clock
FNC	D5	Serial Data
OUT	————	Signale de sortie
REF	————	Signale de référence

- **L'interfaçage entre l'Arduino et relais :**

Le câblage de relais est très simple, ne nécessitant qu'une broche de données pour commander le relais.

Connecter l'Arduino Nano à l'interface de relais ne nécessite que trois connexions. Les connexions comprennent deux pour l'alimentation et un pour la donnée. Le tableau ci-dessous montre les connexions nécessaires.[2]

Tableau 4 : la connexion entre les broches d'Arduino et relais

Broche Relais	Connexion Arduino	Description
VCC	5V	Alimentation du module relais
GND	GND	Masse
S	D4	Broche de contrôle du relais

2.6. L'alimentation d'Arduino et AOP

Afin d'améliorer l'autonomie et la mobilité de notre système, nous avons veillé à éliminer toute dépendance à une connexion avec un ordinateur. Pour cela, nous avons intégré une alimentation à la base de notre boîtier qui fournit l'énergie nécessaire à l'Arduino pour exécuter ses commandes. Cette approche offre une grande fiabilité, car notre système peut être utilisé en tout temps et en tout lieu, sans la contrainte d'une connexion permanente à un PC.

On utilise deux batteries de tension maximale 9 volts. Grâce à ce système d'alimentation, en alimentent différents amplificateur opérationnel et Arduino donc notre composant fonctionné de manière autonome et être utilisé dans différentes situations sans avoir besoin d'être constamment connecté à une source d'alimentation externe.

3. Vue globale sur le circuit du traceur

Dans les parties précédentes, nous avons utilisé la plaque bread board, fil de connexion, des alimentations de +15V, -15, +5V. Maintenant nous avons soudé la carte qui porte le circuit d'affichage et utilisé comme alimentation les piles, et nous avons tout rassemblé dans une boîte,

après nous avons faire les trois ports de type banana (CH1, GND, CH2) et le bouton sur la boîte, comme la figure 13 montre :



Figure 14 : Vue externe du Projet

Nous avons utilisé un microcontrôleur Arduino ATmega328, qui est un microcontrôleur de la famille AVR. C'est un microcontrôleur 8 bits qui possède 8 broches analogiques et 13 broches numériques. L'Arduino dispose de 32 Ko de mémoire flash, 1 Ko d'EEPROM et 2 Ko de SRAM.

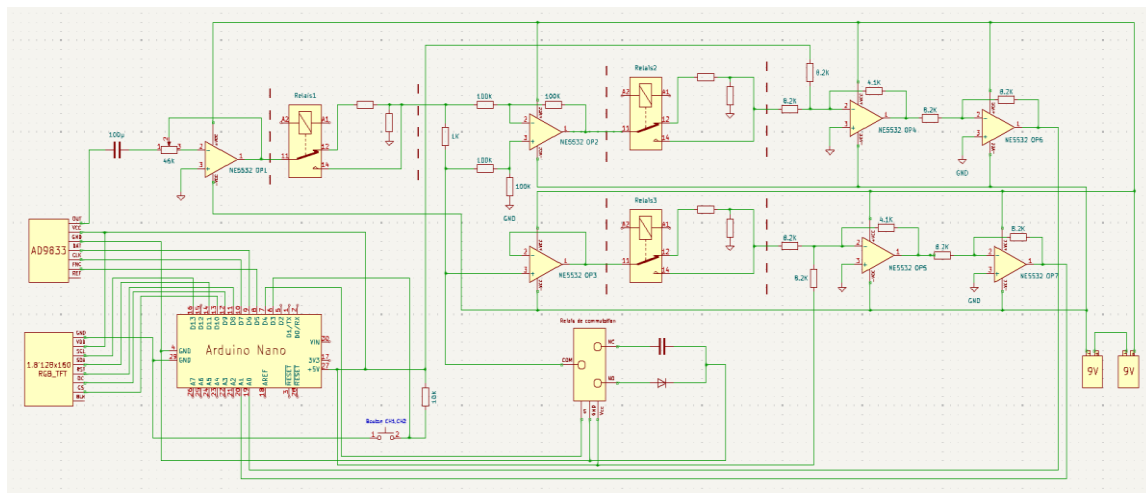
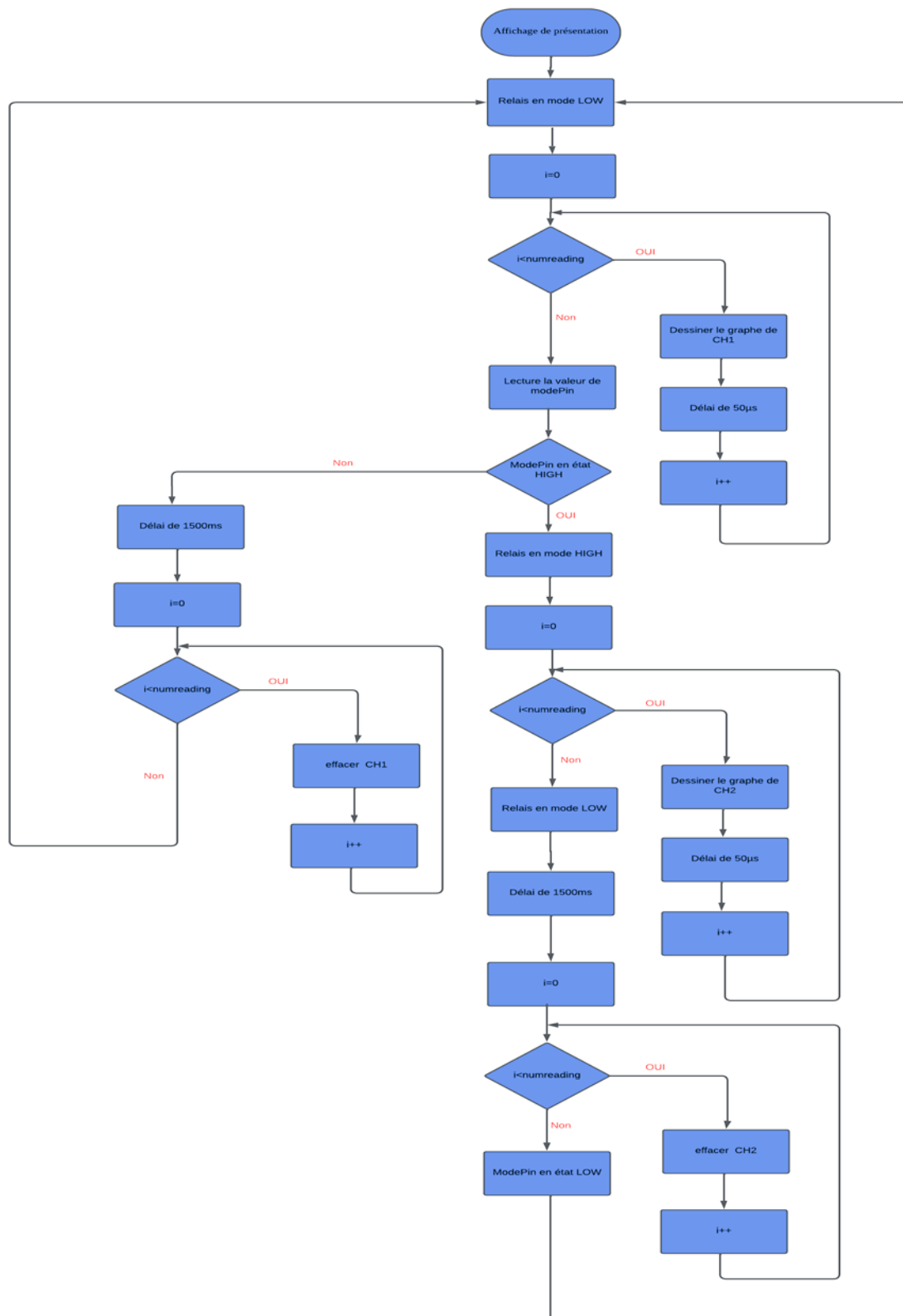


Figure 15 : Schéma globale du traceur de courbe

Le bouton bistable est utilisés pour la sélection le mode de lecture sur écran TFT soit chaine1 ou chaine1+chaine2, lorsque le bouton n'est pas pressé le relais de commutation commuter vers le pin NC(Normalement Fermer) et écran TFT affiche seulement caractéristique des composantes reliées au pin NC(Chaîne1), Par contre lorsque le bouton est pressé le relais de commutation commuter vers le pin NO(normalement Ouvert) et écran TFT mémorise CH1 et afficher caractéristique des composants reliée au pin NO (chaine2) avec un délai de 1500ms.

4. Organigramme du programme traceur de courbe

L'organigramme du programme traceur de courbe montre les étapes de configuration, de lecture des données et d'affichage des courbes sur un écran TFT 1.8" de résolution 128x160 pixels. Le programme utilise l'IDE Arduino pour gérer les états du relais et les modes des pins afin de dessiner les graphiques des canaux CH1 et CH2.



5. Conclusion

En conclusion, la réalisation du système traceur de courbe constitue une étape essentielle de notre projet, impliquant la création de composants physiques et la programmation requise, Les prochaines étapes détailleront les composants essentielle utilisée.

Chapitre 3

Choix et implémentation du circuit de mesure du traceur de courbes

Présentation des différents éléments clés constituant le traceur de courbe, leurs rôles et leur fonctionnement dans l'application du traceur de courbe

1. Introduction

Dans le cadre de la réalisation d'un système du traceur de courbe, il est primordial de bien comprendre les composants nécessaires. Parmi ces composants essentiels figure en premier lieu TFT Écran d'affichage LCD TFT 1,8 pouces 128RGBx160. En plus de cela, il est nécessaire de disposer d'un module de générateur d'onde électrique AD9833, d'un relais, ainsi que d'une carte Arduino. Dans cette section, nous procéderons à une étude approfondie de chaque composant avant de passer à la phase de réalisation.

2. Les composants clés du traceur de courbe

la réalisation de traceur de courbe nécessite plusieurs composants des essentiels sont les suivants : écran TFT qui permet de tracer les caractéristiques tension-courant des composants testés, AD9833 c'est oscillateur qui permet de générer une onde sinusoïdale, Arduino nano contient le programme de traçage, finalement relais qui permet de commuter entre deux chaines.

2.1. Écran LCD TFT 1,8 pouces 128RGBx160

LCD TFT (Liquide Crystal Display) 1,8 pouces 128RGBx160, c'est un écran de technologie d'affichage LCD TFT avec taille de l'écran est 1,8 pouces, Résolution d'affichage est 128 pixels de largeur x 160 pixels de hauteur et les Couleurs d'affichage est 128 couleurs RVB (Rouge, Vert, Bleu). Tel que Technologie LCD TFT utilise une matrice active de transistors en couches minces pour contrôler individuellement chaque pixel de l'écran, Cela permet d'obtenir de meilleures performances en matière de contraste, de luminosité et de temps de réponse par rapport aux écrans LCD classiques. Résolution d'affichage 128RGBx160 pour un total de 20 480 pixels, La mention "128RGB" indique que chaque pixel peut afficher 128 nuances de chaque couleur primaire (rouge, vert, bleu), permettant d'obtenir jusqu'à 16,7 millions de couleurs différentes.



Figure 16 : TFT écran

TFT écran est composé de plusieurs éléments : Il comprend des broches telles que VDD, GND, CS, RST, DC, SDA, SCL, BLK.

⇒ GND (Masse) : Broche de masse ou de référence, Permet de relier l'écran à la masse du circuit électrique pour assurer une référence commune.

⇒ VDD (Tension d'alimentation) : Broche d'alimentation électrique, généralement 3,3V ou 5V, fournit la tension d'alimentation nécessaire au bon fonctionnement de l'écran.

⇒ SCL (Serial Clock) : Broche d'horloge série pour la communication, Fournit l'horloge de synchronisation pour la communication série avec l'écran LCD TFT.

⇒ SDA (Serial Data) : Broche de données série pour la communication, Permet de transmettre les données d'affichage et les commandes à l'écran LCD TFT en mode série.

⇒ RST (RESET) : Broche de réinitialisation, lorsque cette broche est activée (niveau logique bas), l'écran LCD TFT est réinitialisé.

⇒ DC (Data/Command) : Broche de sélection des données ou des commandes, lorsqu'elle est à l'état bas, les données envoyées sont interprétées comme des commandes. Lorsqu'elle est à l'état haut, les données sont interprétées comme des données d'affichage.

⇒ CS (Chip Select) : Broche de sélection de puce, permet d'activer l'écran LCD TFT, lorsqu'elle est activée (niveau logique bas), l'écran LCD TFT est sélectionné et peut recevoir des commandes.

⇒ BLK (Backlight) : broche de référence au rétroéclairage, permettant d'ajuster l'éclairage de l'affichage selon les besoins.

2.2. Générateur d'onde électrique AD9833

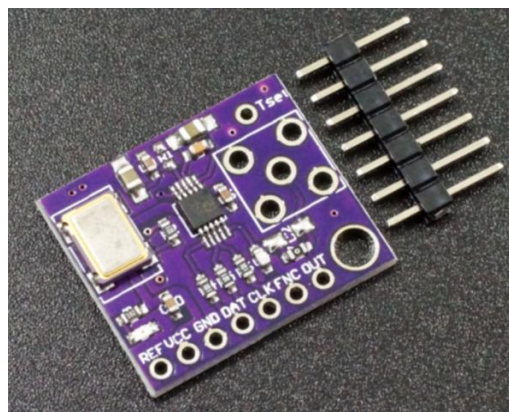


Figure 17 : générateur AD9833

AD9833 est un générateur de forme d'onde programmable de faible puissance capable de produire des sorties d'onde sinusoïdale, triangulaire et carrée. La fréquence et la phase de sortie sont programmables par logiciel, ce qui les rend facilement réglables, Les registres de fréquence ont une largeur de 28 bits avec une fréquence d'horloge de 25 MHz, une résolution de 0,1 Hz peut être obtenue avec une fréquence d'horloge de 1 MHz.[1]

Tableau 5 : Caractéristique de AD9833

Tension de fonctionnement	2,3 V à 5,5 V
Interface	Interface périphérique série (SPI)
Résolution de fréquence	28 bits
Formes d'onde de sortie	Sinusoïdal, triangulaire (dents de scie), carré
Fréquence des formes d'onde de sortie	Sinusoïdal : 0 à 12,5 MHz Carré : 0 à 1 MHz Triangulaire : 0 à 1 MHz
Tension de forme d'onde de sortie	Généralement 0,6Vpp à 0,9Vpp (onde sinusoïdale), 5Vpp (onde carrée) ; réglable via des composants externes tels que des amplis-op, etc.

AD9833 est composé de plusieurs éléments : Il comprend des broches telles que REF, VCC, GND, DAT, CLK, FNC, OUT.

- REF : la broche de tension de référence.
- VCC : la broche d'entrée d'alimentation.
- GND : la broche de masse.
- DAT (Données) : la broche d'entrée des données série pour l'interface SPI.
- CLK (Horloge) : la broche d'entrée de l'horloge série pour l'interface SPI, cette horloge synchronise le transfert des données de configuration.
- FNC (Sélection de fréquence) : la broche d'entrée de sélection de la fréquence de sortie.
- OUT (Sortie du signal) : la broche de sortie du signal généré (onde sinusoïdale, triangulaire ou carrée).

2.3. Une carte Arduino Nano

La carte Arduino Nano est une carte électronique de prototypage rapide sur laquelle on peut raccorder des capteurs (entrées) et des actionneurs (sorties). Elle est constituée de plusieurs composants électroniques dont le principal est un microcontrôleur ATmega328 permettant de stocker et d'exécuter un programme informatique.

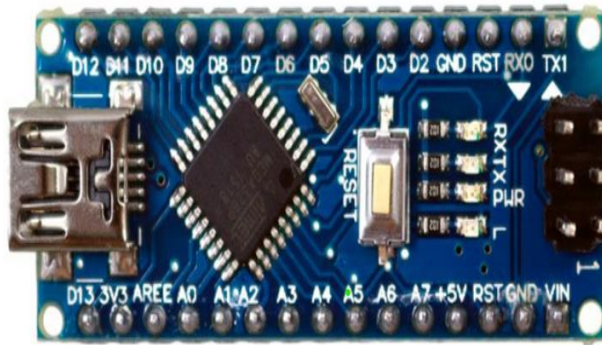


Figure 18 : Arduino Nano

2.4. Un relais

Un relais est un dispositif électromécanique qui agit comme un commutateur contrôlé électriquement. Il permet de commander un circuit électrique à forte puissance à partir d'un circuit de commande de faible puissance. On utilise le relais pour commuter entre CH1 et CH2.



Figure 19 : Relais

Relais est composé de plusieurs éléments : Il comprend des broches telles que S, B+, B-, COM, NO, NC.

- S : la broche de commande par Arduino, permet de commuter entre les broches NO et NC.
- B+ : la broches de l'alimentation.
- B- : la broche de la masse.
- COM : la broches qui correspondent au point commun des contacts du relais (NO et NF), permet de bascule soit sur le contact NO soit sur le contact NC
- NO : la broches qui correspondent aux contacts électriques normalement ouverts du relais, lorsque le relais est activé (bobine alimentée), ces contacts se ferment permettant le passage du courant.
- NC : la broches qui correspondent aux contacts électriques normalement fermés du relais, lorsque le relais est activé (bobine alimentée), ces contacts s'ouvrent coupant le passage du courant.

3. Conclusion

Après avoir pris connaissance des différents composants clés de notre système et réalisé le traceur de courbe en pratique, nous passons maintenant à l'étape suivante pour effectuer quelques tests afin de démontrer le fonctionnement de ce système.

Chapitre 4

Tests et validation du traceur du courbes

Vérification des caractéristiques du traceur et détection des pannes des composants :
évaluation fonctionnelle, analyse de cas et comparaison

1. Introduction

Lors de ce chapitre, nous allons détailler les tests effectués pour vérifier le bon fonctionnement du traceur de caractéristique tension-courant et son application à la détection des pannes. En fait, les tests de fonctionnement sont essentiels pour garantir que le traceur répond aux spécifications techniques et peut détecter les pannes de manière efficace.

2. Plan de Test

Tout d'abord la stratégie de test inclut des tests sur le circuit de traceur de courbe, des tests sur le circuit d'affichage, des tests d'intégration pour vérifier l'interaction entre les modules, et des tests système pour évaluer la performance globale du traceur.

Les type de tests :

- Tests fonctionnels : Vérification des fonctions de base du traceur (mesure de la tension et du courant, affichage des caractéristiques).
- Tests de performance : Évaluation de la précision et de la rapidité des mesures.
- Tests de détection des pannes : Tests pour vérifier la capacité du traceur à détecter différents types de pannes.

Les tests seront réalisés en salle de TP polyvalente, avec des composants électroniques standards, des sources de tension variables, des instruments de mesure et visualisation de signal (oscilloscope, multimètre).et l'ordinateur pour la programmation d'Arduino.

2.1. Test de circuit mesure de tension et de courant

Pour tester le circuit de mesure de tension et de courant, nous avons utilisé le générateur de fonction, nous avons réglé le générateur sur un signal sinusoïdal d'amplitude 3Vpp, presque la même amplitude qui donne l'AD9833.



Figure 20 : générateur de fonction

Il y a deux signaux qui sortent de ce circuit, une représente la tension aux bornes de composant et l'autre représente le courant. Cependant ces signaux varient de $-2.5V$ à $2.5 V$. l'oscilloscope peut les lire par contre l'Arduino peut pas. La priorité de ce test est de vérifier que le circuit mesure correctement la tension et le courant. Après en va changer l'offset pour que l'Arduino sera capable de les lire.

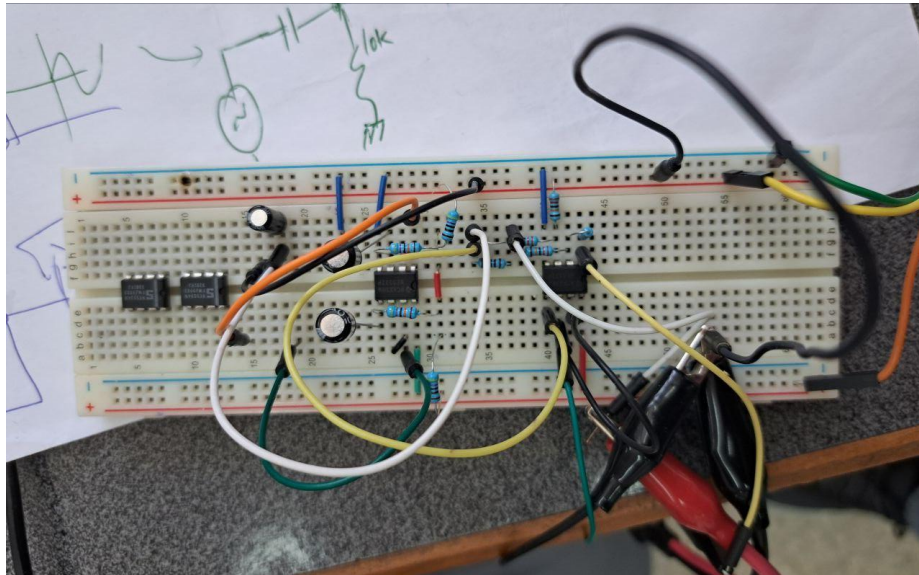


Figure 21 : montage sur breadboard du circuit de mesure sans offset

La représentation de courant en fonction de tension se fait par l'oscilloscope, la borne chaîne 1 reliée à signal de tension. et la borne chaîne 2 reliée à signal image de courant, puis nous avons fait le mode XY de l'oscilloscope pour qu'il trace le courant en fonction de tension.

D'après le branchement de l'oscilloscope avec notre circuit, nous avons testé le court-circuit, circuit ouvert, résistance et diode, etc. Comme la figure 20 montre, le circuit correctement donne les caractéristique tension-courant des composants testé.

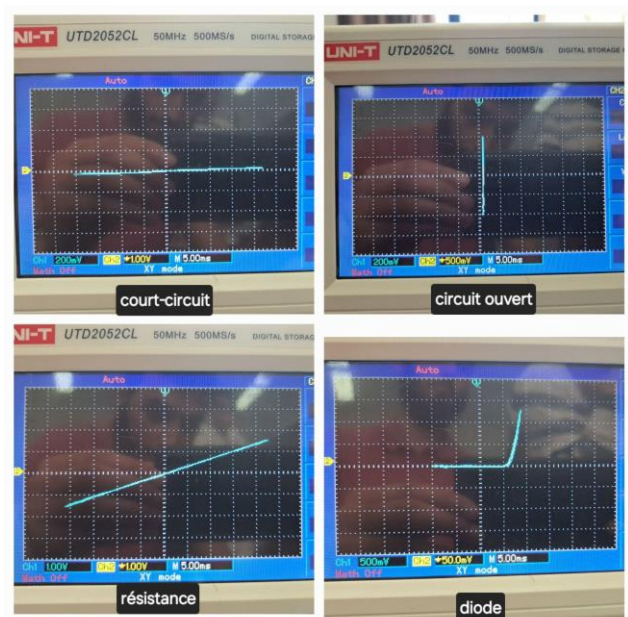


Figure 22 : Images de l'oscilloscope en différentes configurations

2.2. Test d'affichage de courant en fonction de tension d'un composant

Le circuit d'affichage reçoit les signaux X-Y qui sortent de circuit de mesure de tension et de courant (X : tension aux bornes de composant, Y : tension image de courant), puis il trace le signal X en fonction de Y. le traçage sera affiché sur l'écran LCD TFT 1,8 pouces 128RGBx160. Les différents pins de l'écran ont été branché avec l'Arduino comme montre le figure 21.

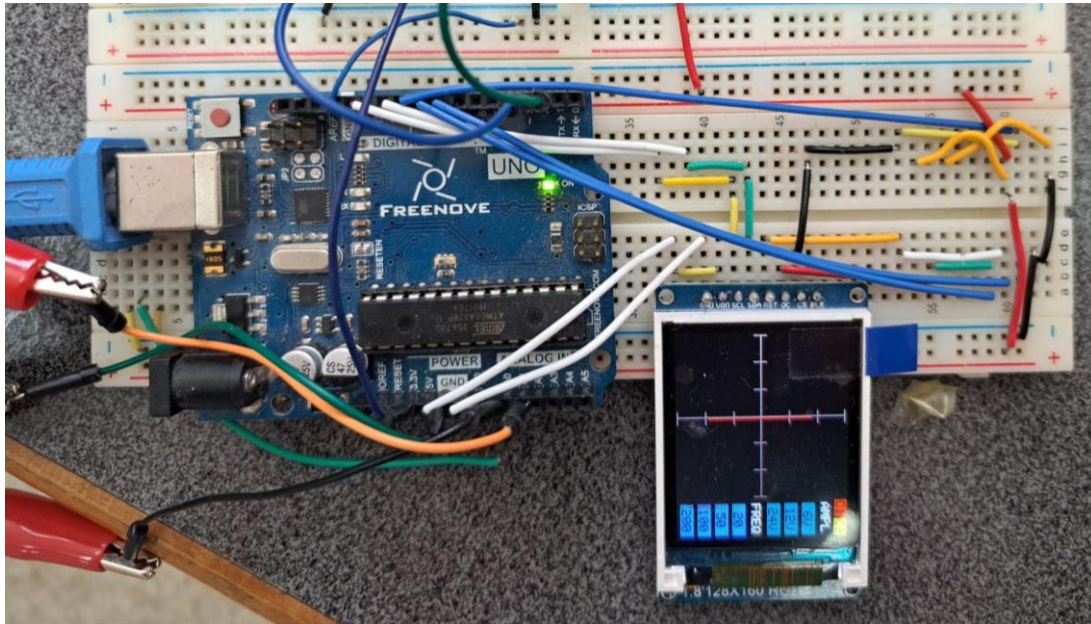


Figure 23 : Circuit d'affichage sur une breadboard

Normalement les signaux X-Y qui sortent de circuit de mesure de tension et de courant ils vont aux pins d'Arduino A1-A0, Mais dans ce test nous utilisons les bornes CH1 et CH2 de générateur de fonction comme des signaux X-Y. D'où, nous avons ajusté le générateur de fonction pour donner une tension sinusoïdale d'amplitude inférieure à 2.5V et d'offset de 2.5V pour être acceptable par l'Arduino. Puis nous avons joué sur la phase et l'amplitude des signaux de CH1 et CH2 pour simuler les composants.

Par exemple, en cas d'une résistance nous avons changé ou non l'amplitude de signal CH1 par rapport au signal CH2, en cas de condensateur nous avons déphaser le signal CH1 par rapport au signal CH1, etc.

- En cas de circuit ouvert, nous avons ajusté l'amplitude de CH2 de générateur de fonction à 2 mV pic to pic presque zéro, c'est-à-dire le signal Y qui représente l'image de courant aux bornes de composant est presque nul.

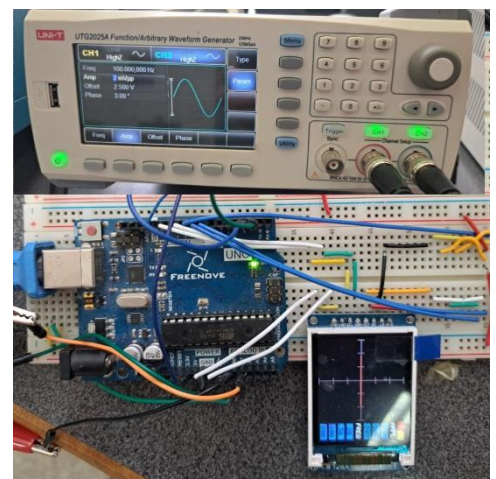


Figure 24 : Test d'affichage du circuit ouvert

- En cas de court circuits, nous avons ajusté l'amplitude de CH2 de générateur de fonction à 2 mV pic to pic presque zéro, c'est-à-dire le signal X qui représente l'image de tension aux bornes de composant est presque nul.

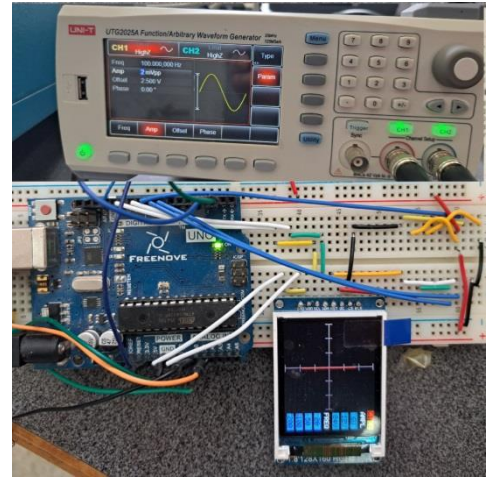


Figure 25 : Test d'affichage du court- circuit

- En cas d'une résistance, nous avons changé ou non l'amplitude de signal CH1 par rapport au signal CH2, sans changer de la phase.

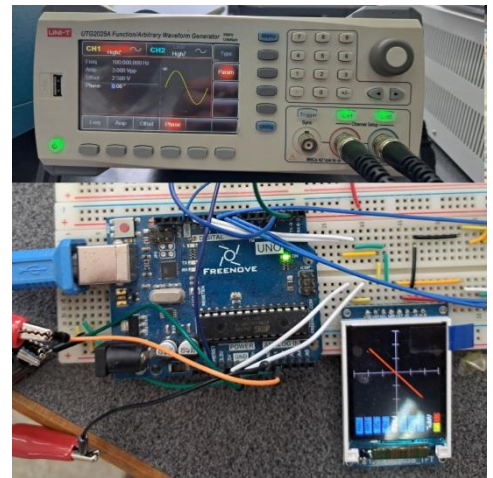


Figure 26 : Test d'affichage de la résistance

- En cas de condensateur, nous avons ajusté juste la phase de CH1 à 90° , c'est-à-dire la tension est déphasée par rapport au courant de 90° .

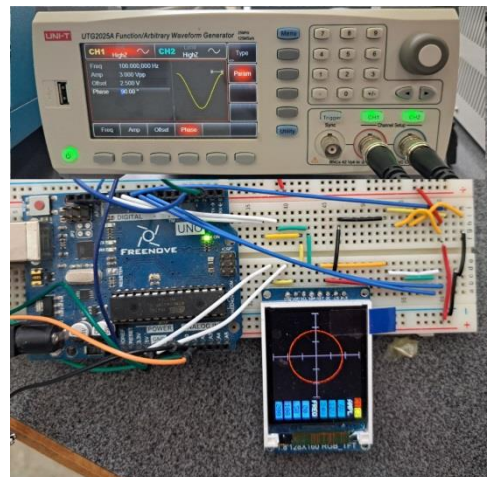


Figure 27 : Test d'affichage du condensateur

En observant les figures précédentes, nous voyons une traceur des caractéristiques tension-courant qui donne des courbes bien tracées par rapport au composant tester. Cependant, ce code Arduino basé sur la méthode traçage de point par point : chaque boucle il trace une point. Dans les tests suivants, nous allons utiliser la méthode de traçage des droites : il trace une droite entre le point et le point précédent. Cette méthode vous permet de tracer plus d'une courbe et de l'effacer dans une

boucle. Afin qu'il nous permette de tracer deux courbes dans une boucle, c'est-à-dire il permettra de tester deux composantes.

2.3. Test de mesure et d'affichage de courant en fonction de tension de deux composantes

Ce test-là consiste à intégrer le circuit d'affichage avec le circuit de mesure, et de vérifier le fonctionnement ces deux circuits, en plus du relais qui nous permet de tester deux composantes en même temps.

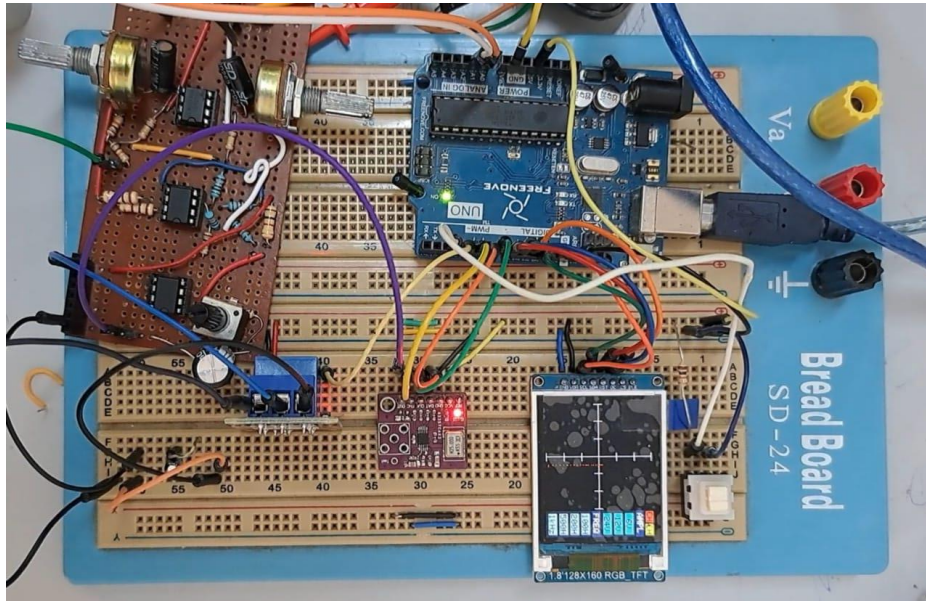


Figure 28 : Circuit global sur breadboard

Les différents pins de l'écran, de l'AD9833, sont reliés à l'Arduino comme figure 14 montre, nous ajoutons les trois pins de relais (GND, 5V, pin7). Dans les tests précédents nous avions une seule composante, maintenant en a ajouté le relais qui nous permet de changer entre deux composantes.

Lors de ce test nous avons trouvé des problèmes, dans le circuit d'affichage et aussi dans le circuit de mesure :

- problème de l'offset :

Lorsque nous avons testé les composantes, la courbe prend un temps pour qu'il arrivait au centre, c'est-à-dire l'offset prendre une période de temps pour qu'il arrivait à 2.5 V. Le circuit d'offset que nous avons utilisé premièrement à pendre 2.5V d'un diviseur de tension à partir d'une résistance de 510K. Avec cette grande résistance, le courant prend une temps pour qu'il passe, cela est la cause principale du retard

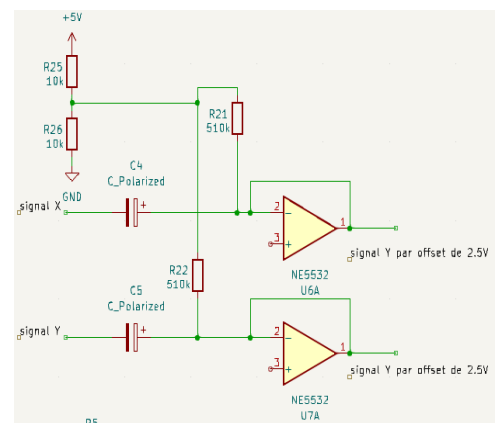


Figure 29 : circuit d'offset non fonctionnel sur KiCad

d'offset.

En plus de ce problème du retard, nous avons rencontré un problème de la position de traçage de la diode (seulement la diode). La courbe de la diode ne dessinée pas au centre, parce que les signaux que nous avons pris de la diode ils ont déjà un composant continu qui s'annule par les condensateurs, plus d'offset de 2.5 V, la courbe ne reste pas au centre.

Donc nous avons pensé à un autre circuit d'offset qui ne touche pas la composante continue, Enfin nous avons utilisé le circuit de figure 14, qui nous a donnés de très bons résultats. Et caractérisé par l'utilisation seulement d'amplificateur, aussi il fait l'offset sans utilisation des condensateurs qui sans poser un problème.

- problème lors de traçage de ch2 :

Nous avons remarqué que lors de traçage de CH2 ou bien de seconde composante, il y a des points qui sont dessinés à la sortie de courbe de composante testé. Comme le figure 28 montre. Dans ce cas, nous avons testé en CH1 un condensateur et en CH2 une résistance, Mais ce problème se produit dans toutes les composantes.

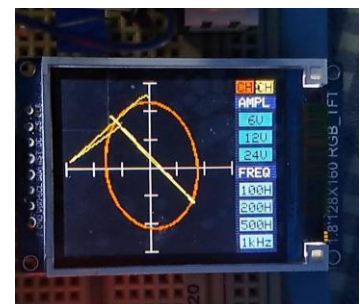


Figure 30 : Image avec anomalie de traçage sur CH2

Effectivement ce problème produit lors du début de traçage. C'est-à-dire dans les premiers points que nous avons dessinés par le programme. Puisque dans le code Arduino dessinés 126 points pour chaque composante. Nous avons annulé les 15 premiers points. Enfin, le problème est résolu comme la figure 29 montre.

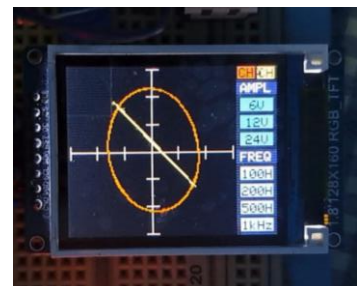


Figure 31 : Image sans anomalie de traçage sur CH2

2.4. Test de système global de traceur de caractéristique tension courant

Dans les parties précédentes, nous avons utilisé la plaque breadboard, fil de connexion, des alimentations de +15V,-15,+5V. Maintenant nous avons soudé la carte qui porte le circuit d'affichage et utilisé comme alimentation les piles de 9V. puis, nous avons tout rassemblé dans une boîte comme le figure 32 montre.



Figure 32 : Test d'une carte avec le traceur

Pour évaluer la capacité du traceur de caractéristiques tension-courant à détecter différents types de pannes, deux tests ont été effectués en utilisant des composants électroniques similaires mais avec des propriétés légèrement différentes. Le premier test implique deux diodes avec des tensions de seuil différentes, tandis que le second test concerne deux condensateurs. L'objectif de ces tests est de comparer les caractéristiques tension-courant des composants pour identifier ceux présentant des anomalies potentielles.

Dans le premier test, deux diodes ayant des tensions de seuil distinctes ont été connectées au traceur. La caractéristique tension-courant de chaque diode a été tracée, comme illustré dans la Figure 31. Les courbes obtenues permettent de visualiser clairement la différence de tension de seuil entre les deux diodes. Cette distinction est cruciale pour détecter des pannes, car une diode défectueuse présenterait une courbe différente de celle attendue. Par exemple, une déviation significative dans la

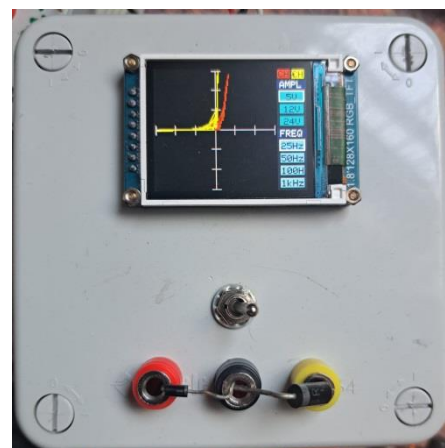


Figure 33 : Caractéristiques tension-courant de deux diodes

courbe pourrait indiquer un court-circuit interne ou une dégradation de la diode.

Le deuxième test a été réalisé avec deux condensateurs. Le traceur a tracé les caractéristiques tension-courant des deux composants, comme montré dans la Figure 32. Les courbes obtenues révèlent le comportement de charge et de décharge des condensateurs. Toute anomalie dans ces courbes peut signaler des problèmes tels qu'une capacité réduite ou des fuites internes. En comparant les courbes de ces deux condensateurs, il est possible de déterminer si l'un des condensateurs présente des signes de panne ou de dégradation par rapport à l'autre, permettant ainsi une évaluation précise de leur état de fonctionnement.

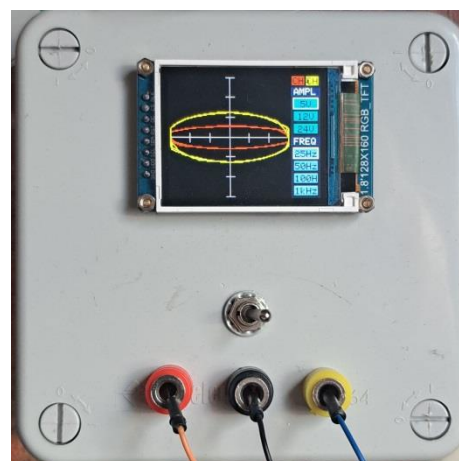


Figure 34 : Caractéristiques tension-courant de deux condensateurs

3. Améliorations et perspectives

Nous reconnaissons que des améliorations peuvent être apportées. Actuellement, le traceur est réglé par défaut sur une amplitude de 5V et une fréquence de 25Hz, et le basculement vers d'autres amplitudes (12V, 24V) et fréquences (50Hz, 100Hz, 1kHz) nécessite des ajustements manuels du circuit interne. Pour les futurs développements, nous recommandons d'intégrer des fonctionnalités permettant le réglage automatique des amplitudes et des fréquences. Cette amélioration rendrait le traceur plus flexible et adapté à une gamme plus large de tests et d'applications. De plus, il serait avantageux d'ajouter la capacité de mémoriser les courbes de caractéristiques mesurées. Cette fonctionnalité permettrait de stocker les données pour tester une composante après un certain temps et comparer les résultats avec ceux d'autres composants testés. Ces perspectives ouvrent la voie à un dispositif plus versatile et performant, capable de répondre à une variété de besoins en matière de tests et de diagnostics électroniques.

4. Conclusion

Ces tests démontrent la capacité du traceur de caractéristiques tension-courant à identifier et différencier des composants en bon état de ceux défectueux. En traçant les courbes caractéristiques et en les comparant, il est possible de détecter des pannes potentielles et d'assurer la fiabilité des composants utilisés dans les systèmes électroniques.

Conclusion générale

Le projet de conception et de réalisation d'un traceur de caractéristique tension-courant, avec application à la détection de pannes, a été une expérience passionnante et enrichissante. À travers ce projet, nous avons pu mettre en pratique les connaissances théoriques acquises au cours de notre formation universitaire. Nous avons réussi à concevoir et à développer un système fonctionnel, capable de tracer avec précision les caractéristiques tension-courant de divers composants électroniques et de détecter les anomalies potentielles.

Tout au long du projet, nous avons exploré en profondeur les principes de fonctionnement des traceurs de courbes et les applications existantes sur le marché, ce qui a permis de mettre en lumière les avantages uniques de notre propre traceur. Le processus de choix et d'implémentation des composants clés a été crucial pour garantir une performance optimale. La réalisation pratique du traceur a nécessité une planification minutieuse et la résolution de divers défis techniques, notamment l'optimisation du circuit et l'assemblage des composants.

Les tests de fonctionnement ont confirmé l'efficacité de notre traceur, démontrant sa capacité à identifier des pannes dans des composants tels que des diodes et des condensateurs. Nous sommes fiers du résultat final, qui représente une avancée significative dans les outils de diagnostic pour la maintenance des systèmes électroniques.

En somme, la réalisation de ce traceur de caractéristique tension-courant a été une expérience valorisante et stimulante. Nous avons acquis des compétences techniques précieuses, renforcé notre capacité à travailler en équipe et développé notre sens de l'innovation. Nous espérons que notre projet pourra servir de base solide pour des développements futurs et inspirer d'autres étudiants à explorer davantage ce domaine prometteur.

Bibliographie

- [1] <https://deepbluembedded.com/arduino-ad9833-signal-generator-dds-function-generator/>
- [2] <https://arduino-france.site/zmpt101b-arduino/>
- [3] <https://learn.adafruit.com/1-8-tft-display/breakout-wiring-and-test>
- [4] <https://www.ucore-electronics.com/>
- [5] <https://huntron.com/products/tracker3200s.htm>

Annexes

Annexe A : Schéma KiCad

Figure A1 : Schéma de circuit complet réalisé avec KiCad.

[\(Figure du schéma KiCad ici\)](#)

Annexe B : Code Arduino

[\(Code de programme ici\)](#)

Annexe C : Organigramme

Figure C1 : Organigramme de programme

[\(Figure de l'organigramme ici\)](#)

