

Dossier De Conception (DDC) V2.0

du projet

Conditionneur de Signal (CDS)

Responsabilité documentaire

Action	NOM Prénom	Fonction	Date	Signature
Rédigé par	J. EL ATTAK I. FERHATNI Q. BERNYER	Technicien	05/10/2023	J. EL ATTAK I. FERHATNI Q. BERNYER
Approuvé par	H. Simon (IUT GEII Bdx)	Chef de projet	16/10/2023	
Approuvé par	A. BLANCHARD L. THEOLIER (IUT GEII Bdx)	Client	16/10/2023	

Suivi des révisions documentaires

Indice	Date	Nature de la révision
1	20/09/2023	Publication préliminaire du DDC document à compléter par le Technicien.
2	09/10/2023	Première publication
3	16/10/2023	Deuxième publication

Documents de références

Sigle	Référence	Titre	Rév.	Origine
[CDC]	CDS_CDC	Cahier des charges	1	IUT GEii Bdx

IUT Bordeaux Département GEII	Référence : CDS_DDC_EQ11 Révision : 2 – 16/10/2023	2/22
----------------------------------	---	------

Table des matières

1. Nature du document	5
2. Conception préliminaire du produit	5
2.1 Architecture Mécanique et Électronique	5
2.1.1 Capteur hall	7
2.1.2 Amplification du Signal	8
2.1.3 Filtrage du Signal	9
2.2 Conclusion de la conception préliminaire du produit	9
3. Conception détaillée du produit	10
3.1 Tension d'entrée du système	10
3.2 Amplification du signal	11
3.3 Filtrage du système	13
3.4 Schéma électrique final	14
3.4 Conclusion de la conception détaillée du produit	14
4. Dérangement des solutions techniques retenues	15
4.1 Amplification du signal	15
4.2 Comportement fréquentiel	18
4.3 Conclusion de la simulation / prototypage rapide du produit	21
5. Conclusion de la conception du produit	22
6. Matrice de conformité du produit	22

1. Nature du document

Ce document est un dossier de conception et a pour but de détailler la conception du produit développé. Il apporte ainsi des preuves de la conformité du produit par rapport à l'ensemble des exigences client. Le paragraphe 3 du CDC décrit de façon plus détaillée la nature et le positionnement de ce document dans l'arborescence documentaire du projet.

2. Conception préliminaire du produit

Ce chapitre décrit l'architecture fonctionnelle du produit. Il apporte les premiers éléments de preuve de la faisabilité du produit vis-à-vis des exigences client.

Le but de notre projet est de traiter un signal et le conditionner afin d'améliorer la précision du capteur effet hall et réussir le projet Lévitator qui consiste à faire léviter un aimant grâce à l'électromagnétique.

2.1 Architecture Mécanique et Électronique

Exigences client vérifiées par préconception : EXIG_ENCOMBREMENT, EXIG_PCB, EXIG_Tension-capteur, EXIG_Amplification, EXIG_Filtrage, EXIG_Sortie, EXIG_Alim

Conditionneur de signal

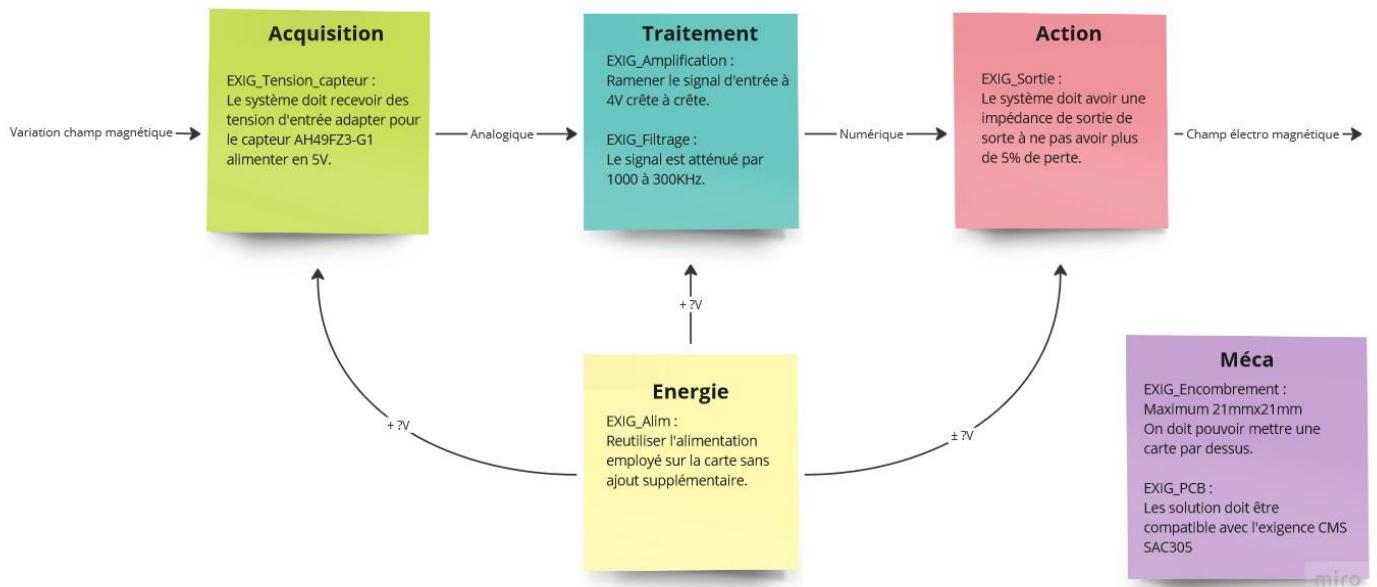


Figure 2.1.1 : Architecture mécanique

- Dans cette partie, nous avons réalisé un synoptique où l'on a placé les exigences récupérées dans le CDC fournies par le client.

Outre les exigences Mécanique, Documentaire, Fabrication et Coût et délai, l'architecture du produit s'articule en une partie de quatre blocs fonctionnels :

- Le bloc Acquisition,
- Le bloc Traitement,
- Le bloc Action,
- Le bloc Énergie,

2.1.1 Capteur hall

Référence de pré-conception : CPR1

Exigences client vérifiées par préconception : EXIG_Tension-capteur

The AH49F is available in standard TO92S (Type A), SC59 and U-DFN2020-6 (Type C) packages.

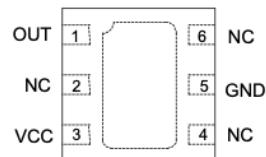
TO92S (Type A)

SC59

(Top View)

Features

- Power Consumption of 3.0mA at $V_{CC} = 5V$ for Energy Efficiency
- Single Current Sourcing Output
- Linear Voltage Output for Circuit Design Flexibility
- Low Noise Output Virtually Eliminates the Need for Filtering
- A Stable and Accurate Output
- Temperature Range: $-40^{\circ}C$ to $+105^{\circ}C$
- Responds to Either Positive or Negative Gauss
- The Maximum Instantaneous Supply Voltage Up to 50V
- High ESD Rating: 6000V (Human Body Model)
600V (Machine Model)
- Small Low Profile U-DFN2020-6 (Type C) and Industry Standard SC59 and TO92S (Type A) Packages
- Totally Lead-free & Fully RoHS Compliant (Notes 1 & 2)**
- Halogen and Antimony Free. "Green" Device (Note 3)**



U-DFN2020-6 (Type C)

Applications

- Position Sensing
- Liquid Level Sensing
- Weight Sensing
- Ferrous Metal Detector
- Vibration Sensing
- Rotary Encoder
- Magnetic Code Reading**
- Motor Control
- Current Sensing

Figure 2.1.1.1 : Extrait datasheet du capteur

L'AH49FZ3-G1 est le capteur qui a été recommandé par le client. Une étude a été menée par le client et nous affirme que le capteur renvoie à plus ou moins 100 gauss 2,5V.

IUT Bordeaux Département GEII	Référence : CDS_DDC_EQ11 Révision : 2 – 16/10/2023	6/22
----------------------------------	---	------

2.1.2 Amplification du Signal

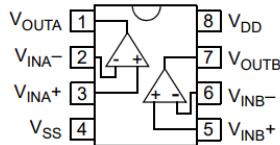
Référence de pré-conception : CPR2

Exigences client vérifiées par préconception : EXIG_Amplification

Supply Voltage: 1.8V to 6.0V

MCP6002

PDIP, SOIC, MSOP



Maximum Output Voltage Swing	V_{OL}, V_{OH}	$V_{SS} + 25$	—	$V_{DD} - 25$	mV	$V_{DD} = 5.5V, 0.5V$ input overdrive
------------------------------	------------------	---------------	---	---------------	----	---------------------------------------

Figure 2.1.2.1 : Extrait datasheet de l'amplificateur MCP6002

Pour répondre à l'exigence d'amplification un montage soustracteur avec gain suffira. Un ampli op et 4 résistances sont donc indispensables.

Tension d'alimentation et consommation :

Nous choisirons l'AOP MCP6002 car tout d'abord il se caractérise par une faible consommation et une tension d'entrée Max de 6,6V ce qui correspond parfaitement à notre système (5V).

Tension de déchet :

La tension de déchet (maximum output voltage swing) se caractérise par un $V_{DD} - 25$ mV.

Nous pouvons donc avoir en sortie une tension max de 4,975 V ce qui correspond parfaitement à notre cahier des charges.

Slew Rate :

La période de notre signal doit être de 1/40 Hz (capteur renvoi 40 infos/s, 40Hz est considérée comme la fréquence d'envoi) ce qui correspond au temps de montée soit 0.025s.

Le slew rate maximum est égale à Tension max(V)/temps max(ms) donc $4,975/(25/2) = 0,398V/ms = 3,98e-4 V/\mu s$, le slew rate de l'AOP qu'on a choisi est de $0,6V/\mu s = 600V/ms$ donc bien supérieur. Ce qui veut dire que notre AOP est largement capable de gérer les variations sans cause de distorsion.

Gain bande passante :

Notre produit de gain bande passante est de 1MHz, et notre gain d'Aop est de 10, ce qui veut dire que notre fréquence maximale à ne pas dépasser doit être égale à $\frac{1MHz}{10} = 100 kHz$.

Pour le produit gain bande passante minimum on prend la fréquence d'envoi de 40 Hz et on la multiplie par le gain d'Aop : 10 (Gain)*40 (fréquence) = 400Hz.

IUT Bordeaux Département GEII	Référence : CDS_DDC_EQ11 Révision : 2 – 16/10/2023	7/22
----------------------------------	---	------

Conditionneur de signal (CDS)

L'AOP possède un produit de gain de bande passante de 100 kHz maximum supérieur à 400Hz.

Une fréquence de bande passante de 100 KHz permet l'AOP d'amplifier les signaux dans toutes les plages de fréquences jusqu'à 100 kHz.

L'AOP sera capable d'amplifier et traiter le signal sans problème ou saturation. Cela correspond donc à notre système.

2.1.3 Filtrage du Signal

Référence de pré-conception : CPR3

Exigences client vérifiées par préconception : EXIG_Filtrage

Pour répondre à l'exigence Filtrage et faire en sorte que le signal soit atténué de 1000 à 300 kHz nous utiliserons un filtre passe bas.

Un filtre passe-bas pourra suffire pour répondre à cette exigence.

2.2 Conclusion de la conception préliminaire du produit

A travers ce chapitre, différentes solutions ont pu être envisagées. Les exigences clients ont pu être respectées, lors de cette conception préliminaire. De ce fait, la phase de conception détaillée peut commencer.

IUT Bordeaux Département GEII	Référence : CDS_DDC_EQ11 Révision : 2 – 16/10/2023	8/22
----------------------------------	---	------

3. Conception détaillée du produit

Ce chapitre détaille la conception du produit développé. Il constitue une preuve de la conformité du produit. Chaque paragraphe de cette étude fait donc clairement référence aux exigences client issues du [CDC].

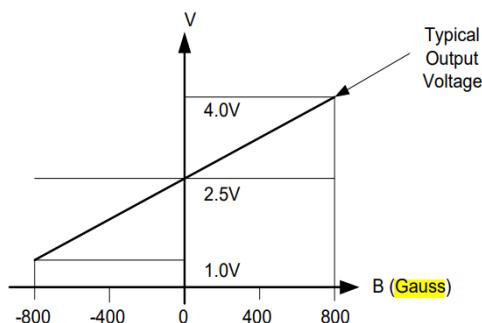
3.1 Tension d'entrée du système

Référence de conception : CDT1

Exigences client vérifiées : EXIG_Tension-capteur

A la suite de la conception préliminaire, l'activité de conception détaillée a été menée. Notre système doit recevoir des tensions d'entrée adapter pour le capteur AH49FZ3-G1 alimenter en 5V. Le but principal est de connaître la tension de sortie des capteurs par rapport à la position de l'aimant.

Une étude a été menée par le client et nous affirme que le capteur renvoie 2.5V plus ou moins 100 gauss.



D'après la datasheet (extrait ci-contre) 800 Gauss correspond à 1,5V soit 0,001875V par Gauss.

Pour 100 Gauss on a donc une augmentation ou diminution de 0,1875 V.

On a donc une amplitude de réponse du capteur de 0,375V.

Figure 3.1.1 : Caractéristique de transfert

Cela nous sera utile pour la suite de la conception.

3.2 Amplification du signal

Référence de conception : CDT2

Exigences client vérifiées : EXIG_Amplifaction

La valeur moyenne de nos tensions relevées est de 2,5V. On va donc soustraire cette valeur de la tension d'entrée de 5V. L'utilisation d'un pont diviseur de tension composé de deux résistances de même valeur est fondamentale pour adapter la tension à l'entrée de l'amplificateur opérationnel (AOP).

Dans ce cas, les deux résistances du diviseur ont la même valeur (10kΩ), ce qui signifie qu'elles divisent la tension d'entrée de manière égale, réduisant ainsi la tension de moitié à 2,5V. Cette tension réduite est ensuite acheminée vers la borne positive (V+) de l'AOP.

De l'autre côté sur la pin V-, on a deux résistances avec la résistance rétroaction incluse, avec R17= 10kΩ et Rf=R56= 100kΩ.

Pour vérifier et justifier le choix de ces valeurs, on a fait les calculs suivants :

$$\begin{aligned}
 V^- &= \left[\frac{V_{cap}}{R_{17}} + \frac{V_s}{R_f} \right] \times \frac{R_{17} \times R_f}{R_{17} + R_f} \\
 \left[\frac{R_{19}}{R_{18} + R_{19}} \right] \times V_{ref} &= \left[\frac{V_{cap}}{R_{17}} + \frac{V_s}{R_f} \right] \times \frac{R_{17} \times R_f}{R_{17} + R_f} \\
 \frac{\left[\frac{R_{19}}{R_{18} + R_{19}} \right] \times V_{ref}}{\frac{R_{17} \times R_f}{R_{17} + R_f}} &= \left[\frac{V_{cap}}{R_{17}} + \frac{V_s}{R_f} \right]
 \end{aligned}$$

On isole Vs :

$$V_s = \left[\frac{R_{19}}{R_{18} + R_{19}} \right] \times V_{ref} \times \left[\frac{R_f}{R_{17}} + 1 \right] - \frac{R_f}{R_{17}} \times V_{cap}$$

$V_s(max) = \left[\frac{10k}{10k + 10k} \right] \times 5 \times \left[\frac{100k}{10k} + 1 \right] - \frac{100k}{10k} \times 2,313 = 4,37 V$ // On prend la valeur min de la tension Vcap car le champ magnétique est plus fort lorsque l'aimant est plus proche du capteur.

$V_s(min) = \left[\frac{10k}{10k + 10k} \right] \times 5 \times \left[\frac{100k}{10k} + 1 \right] - \frac{100k}{10k} \times 2,687 = 0,630 V$ // De même on prend la valeur maximale de Vcap pour trouver la valeur minimale de la tension de sortie parce que le champ magnétique est plus faible lorsque l'aimant est loin.

Conditionneur de signal (CDS)

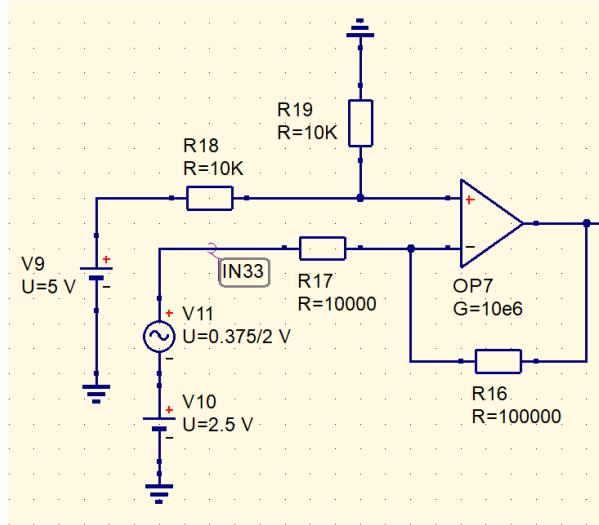


Figure 3.2.1: Schéma électrique avec les valeurs

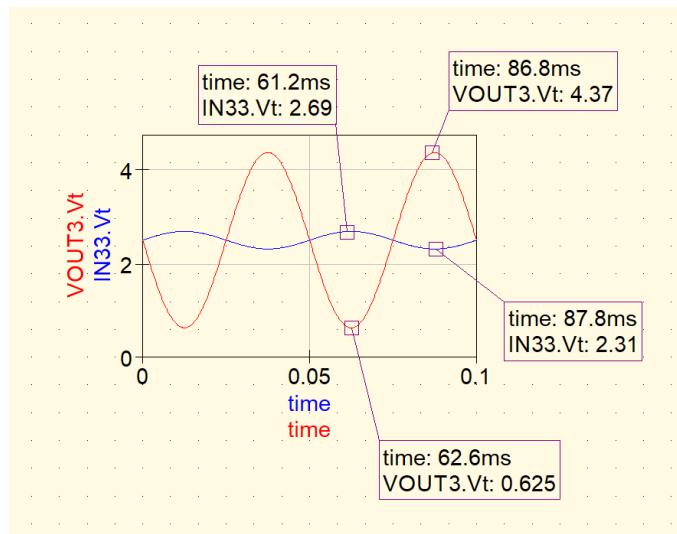


Figure 3.2.2 : Résultat de simulation, signal Vout.

Notre gain dans ce cas est de : $G = \frac{4.37 - 2.5}{2.69 - 2.5} = 9,84$, notre gain est de 9,84 ce qui est proche de 10 mais on a une petite différence de 0,16. Cette différence revient à l'imprécision des curseurs mis à la main et au fait qu'on mesure la tension de sortie après le bloc filtrage ce qui rajoute des impédances indésirables.

Selon le cahier des charges, la tension max doit être de 5V, on remarque qu'on est au-dessus mais étant donné que la tension d'alimentation de l'AOP est de 5V il n'amplifie donc pas au-dessus de 5V et respecte l'exigence.

IUT Bordeaux Département GEII	Référence : CDS_DDC_EQ11 Révision : 2 – 16/10/2023	11/22
----------------------------------	---	-------

3.3 Filtrage du système

Référence de conception : CDT3

Exigences client vérifiées : EXIG_Filtrage

Nous souhaitons que le signal soit atténué de 1000 à 300 kHz, pour cela on peut utiliser un filtre de premier ordre et commencer l'atténuation de 20 dB à 300 Hz.

Pour dimensionner ce filtre, on a pris une valeur normalisée de $C = 100\text{nF}$:

$$R = \frac{1}{j\zeta\omega} = \frac{1}{jC2\pi f} = \frac{1}{2\pi \times 300 \times 100 \times 10^{-9}} = 5,3K\Omega$$

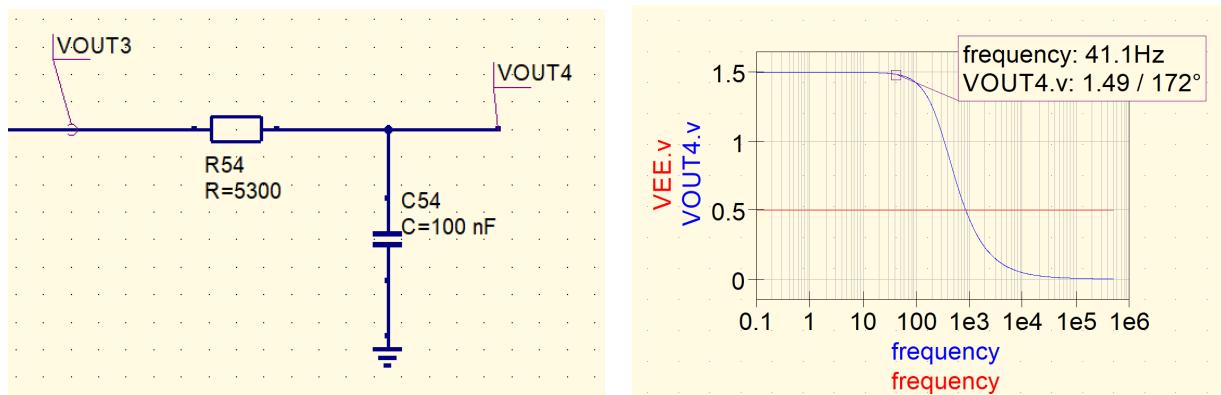


Figure 3.3.3 : Filtre passe bas et résultat de la simulation.

A 41.1 Hz on a 1.49 c'est à dire qu'à 40 Hz on a presque aucune variation, c-à-d que le filtrage n'a pas encore commencé comme souhaité.

3.4 Schéma électrique final

Référence de conception : CDT4

Exigences client vérifiées : EXIG_Filtrage, EXIG_Amplification

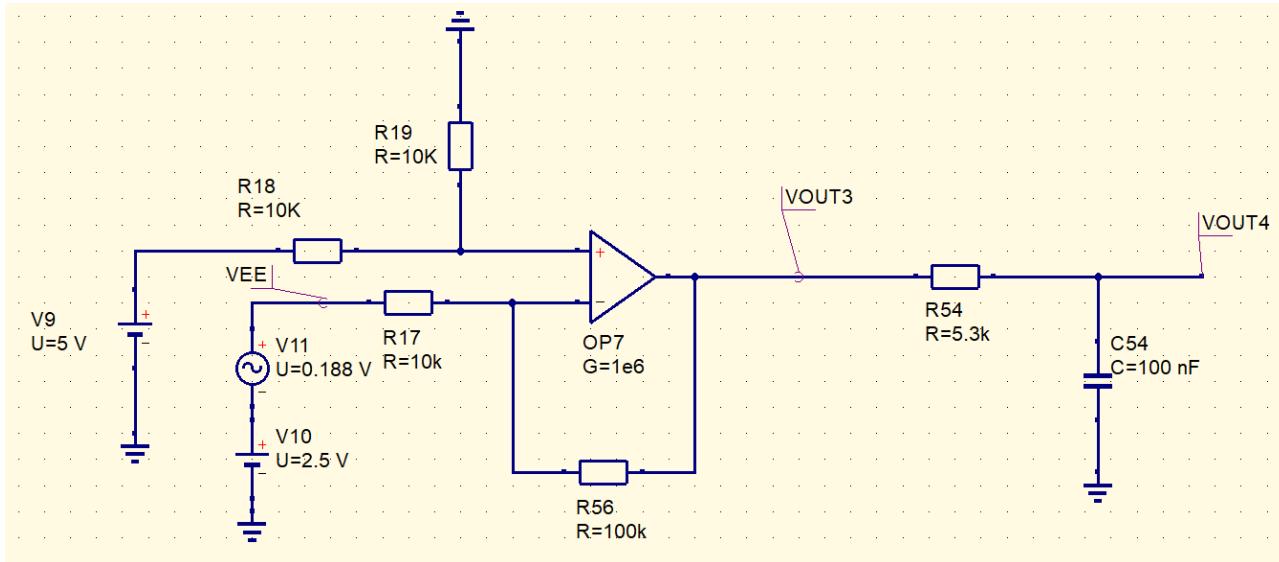


Figure 3.4.1 : Circuit d'assemblage des blocs amplification et filtrage.

3.4 Conclusion de la conception détaillée du produit

A travers ce document les solutions ont pu être étudiées puis développées. Les exigences demandées ont pu être respectées. Notre produit est donc bien conforme et correspond à nos attentes.

4. Dérisquage des solutions techniques retenues

Ce chapitre détaille les activités de dérisquage des solutions techniques retenues : simulation et/ou prototypage rapide. Il constitue une preuve partielle de la conformité du produit. Chaque paragraphe de l'étude fait donc clairement référence aux exigences client issues du [CDC].

Il permet également de confirmer les résultats théoriques effectués aux paragraphes 2 et 3 en vérifiant le fonctionnement à travers des simulations et/ou prototypages rapides. Pour chaque simulation et/ou prototypage rapide est renseigné le protocole de mise en œuvre. Les résultats des simulations et/ou prototypages rapides sont confrontés aux résultats de l'étude théorique.

L'ensemble des fichiers est disponible dans le dossier : renseignez ici le chemin du dossier où sont situés les fichiers de simulation et/ou prototypage rapide du projet.

4.1 Amplification du signal

Référence de la simulation : SIM1

Exigences client vérifiées : EXIG_Tension_capteur, EXIG_Amplification.

But de l'essai : Vérifier que le signal de sortie soit compris entre 0,5V et 5V pour des tensions d'entrée adapter pour le capteur AH49FZ3-G1 alimenter en 5V.

Fichiers : Schéma électrique :

https://drive.google.com/file/d/1suWwRBcPCQ2CV6qlBcPH00fN6_L_71oY/view?usp=sharing

Procédure de simulation :

A l'aide d'alimentation continue et de GBF alimenter le circuit en suivant les spécifications du schéma électrique donné ci-dessous.

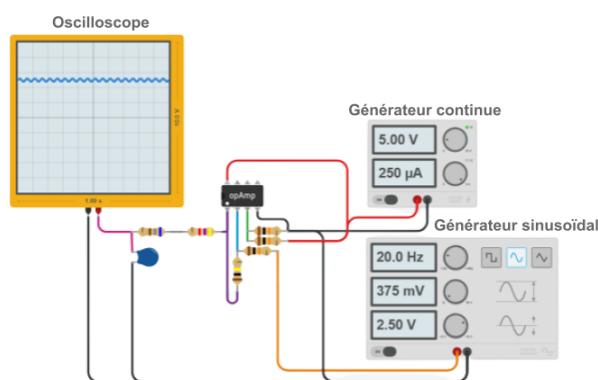


Figure 4.1.1 : Schéma de branchement du système pour le prototypage.

Conditionneur de signal (CDS)

Attention à bien vérifier que les impédances des GBF et autres appareils sont bien en "High Z" résistance de sortie très haute.

Les amplificateurs opérationnels ont une faible impédance d'entrée, ce qui signifie qu'ils tirent très peu de courant de la source de signal connectée à leurs entrées. Cependant, même une petite quantité de courant peut créer une chute de tension significative sur une résistance de faible valeur. En utilisant une résistance de haute impédance, on évite cette chute de tension indésirable et on maintient une bonne précision dans nos mesures.

Une résistance de haute impédance réduit également le bruit électrique introduit par l'amplificateur lui-même. En réduisant le courant d'entrée, on réduit la génération de bruit thermique dans l'amplificateur.

Résultats attendus :

Grandeur	Valeur attendue	Tolérance
Tension du signal min	0,5V	+/- 5%
Tension du signal max	5V	+/- 5%

Résultats obtenus :

En alimentant à l'aide d'un signal sinusoïdal d'amplitude 0,375V et d'offset 2,5V (Valeurs renvoyé par le capteur à effet Hall) ainsi qu'une fréquence de 20Hz (avant la fréquence d'envoi 40 Hz).

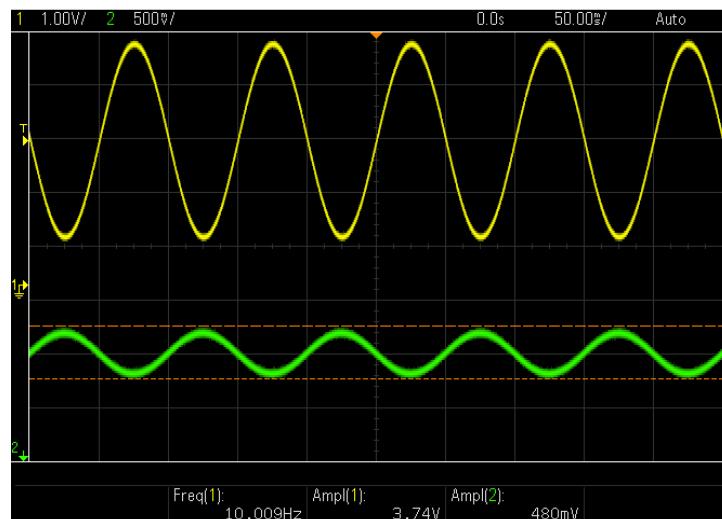


Figure 4.1.2 : Mesure de l'amplification du signal de sortie.

On remarque que notre signal d'entrée sur l'oscilloscope est de 480 mV alors que notre GBF est paramétré pour envoyer 375 mV, on a une différence de 105 mV. Cette erreur de précision est dû

IUT Bordeaux Département GEII	Référence : CDS_DDC_EQ11 Révision : 2 – 16/10/2023	15/22
----------------------------------	---	-------

au sondes dont à pris les mesures avec. On remarque aussi que le signal d'entrée (en vert) est plus épais ce qui confirme les doutes concernant l'imprécision et le mal fonctionnement de la sonde.

Donc, sans tenir compte de ces imprécisions notre gain est de : $G = \frac{V_s}{V_{in}} = \frac{3,74}{0,375} = 9,97$ ce qui est très proche du 10, notre gain initial sur la simulation.

Grandeur	Valeur mesurée	Conf/Non conf.
Tension du signal min	0.375V ~0.480V	Conforme
Tension du signal max	3.74V	Conforme

Statut de l'essai : Conforme

Problèmes rencontrés : Les sondes utilisées pour prendre les mesures sont imprécises et non efficaces, on a rencontré plusieurs problèmes comme l'incapacité de visualiser les signaux si on touche les sondes ou si on change leur positionnement. Suite à ce problème sur l'oscilloscope on visualise une valeur différente de 100 mV près à celle envoyée par le GBF.

4.2 Comportement fréquentiel

Référence de la simulation : SIM2

Exigences client vérifiées : EXIG_Filtrage, EXIG_Sortie.

But de l'essai : Vérifier que le signal est atténué par 1000 à 300KHz.

Fichiers :

Fichier Excel :

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1zOr_ykGAvgKpFeRKrdPjFzTPI8SdqHoAC/edit?usp=sharing&ouid=102813430664688761116&rtpof=true&sd=true

Schéma électrique :

https://drive.google.com/file/d/1suWwRBcPCQ2CV6qlBcPH00fN6_L_71oY/view?usp=sharing

Procédure de simulation :

A l'aide d'alimentation continue et de GBF alimenter le circuit en suivant les spécifications du schéma électrique donné ci-dessous :

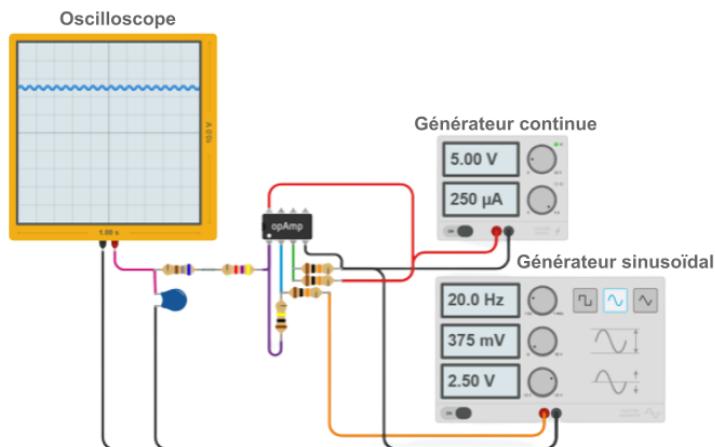


Figure 4.2.1 : Schéma de branchement du système pour le prototypage.

Envoyer un signal sinusoïdal d'amplitude 0,375V et d'Offset 2,5V dans l'entrée du système.

Faire varier la fréquence du signal de sorte à correspondre avec le tableau disponible dans le fichier Excel données ci-dessus.

Mesurer pour chaque fréquence l'amplitude du signal de sortie et remplir le tableau Excel.

Tracer par la suite le graphique correspondant au tableau avec un échelle logarithmique sur l'axe des abscisses.

Résultats attendus :

Grandeur	Valeur attendue	Tolérance
Gain en dB par décade à partir de 300Hz	-20dB	X
Fréquence de coupure	300Hz	X

Résultats obtenus :

Après avoir réalisé la procédure de test nous avons pu obtenir le graphique suivant :

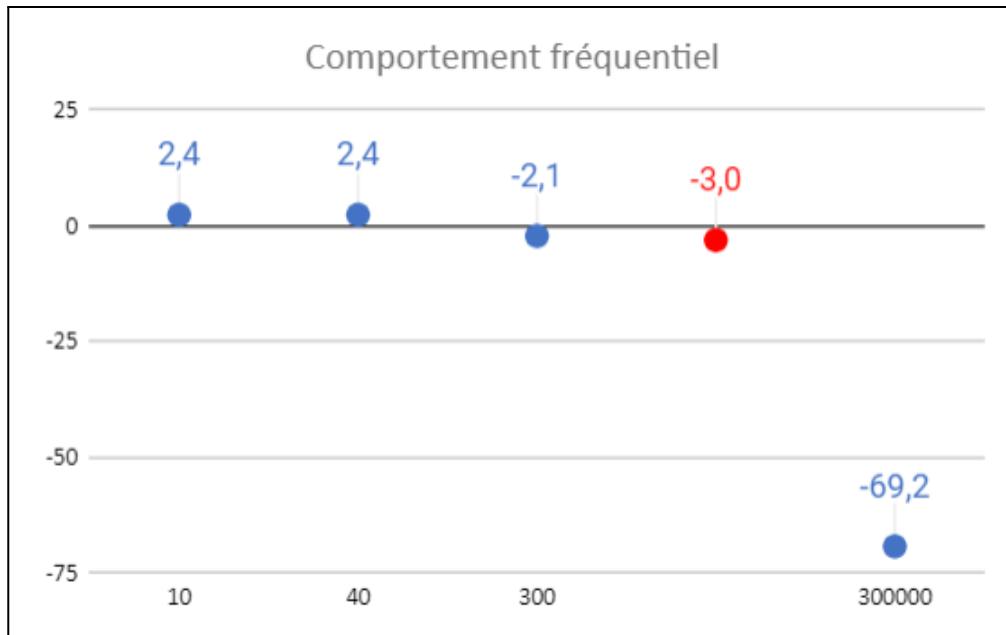


Figure 4.2.2 : Schéma du comportement fréquentiel réalisé sous Excel.

VIN = 2,875

F	10	40	300	300000
Vout	3,8	3,8	2,25	0,001
Gain (dB)	2,4138561	2,4138561	-2,1381654	-69,181816

Figure 4.2.3 : Tableau excel des valeurs fréquentielles relevées.

Sachant que $-3\text{dB} = 0.707 \text{ V}$, pour vérifier nos résultats on a :

$$V_{ref} = \frac{2,03}{10^{-3\text{dB}/20}} = \frac{2,03}{10^{-0,15}} = \frac{2,03}{0,707} = 2,875 \text{ V}$$

On trouve 2,875 ce qui confirme la précision de nos résultats vu qu'on avait pris,

$V_{in} = 2,5 + 0,375 = 2,875 \text{ V}$ pour nos calculs.

Grandeur	Valeur mesurée	Conf/Non conf.
Gain en dB par décade à partir de 300Hz	-20dB	Conforme
Fréquence de coupure	Environ 350 Hz	Conforme

Statut de l'essai : Conforme

Problèmes rencontrés :

La fréquence de coupure n'est pas celle attendue à 50 Hz près mais nous avons après vérification conclut que cela est dû à des imprécisions de mesure et cela ne posera aucun problème car à 300 KHz le signal à bien été diminué de 1000.

4.3 Conclusion de la simulation / prototypage rapide du produit

Les simulations et prototypages rapides effectués dans cette partie ont permis de valider les choix et dimensionnement de la phase de conception.

5. Conclusion de la conception du produit

La conception a permis d'élaborer le schéma électrique du produit et de dimensionner tous les composants. L'ensemble des exigences de conception sont conformes.

6. Matrice de conformité du produit

Ce chapitre synthétise par l'intermédiaire d'un tableau la conformité du produit développé par rapport aux exigences issues du Cahier des Charges.

Exigence	Méthodes Vérification	Eléments vérifiant l'exigence	Statut
EXIG_Tension_capteur	Conception Dérisque Vérification	CPR1 CDT1 SIM1	Conf.
EXIG_Amplification	Conception Dérisque Vérification	CPR2 CDT2 SIM1	Conf.
EXIG_Filtrage	Conception Dérisque Vérification	CPR3 CDT3 SIM2	Conf.
EXIG_Sortie	Conception Dérisque Vérification	CDT3 CDT4 SIM2	Conf.
EXIG_Alim	Conception Fabrication Vérification	CDT3 CDT4	Conf.
EXIG_Encombrement	Fabrication Vérification
EXIG_PCB	Fabrication Vérification

IUT Bordeaux Département GEII	Référence : CDS_DDC_EQ11 Révision : 2 – 16/10/2023	21/22
----------------------------------	---	-------

Conditionneur de signal (CDS)