



Note d'application - Électronique analogique

Mesure différentielle de tension avec filtrage des perturbations et isolation galvanique

Informations techniques

La note d'application décrite dans ce document a été conçue avec la plus grande attention. Tous les efforts ont été mis en œuvre pour éviter les anomalies. Toutefois, nous ne pouvons garantir que ce document soit à 100% exempt de toute erreur. Les informations présentes dans cette note d'application sont strictement données à titre indicatif. Les caractéristiques et les résultats obtenus par ces notes d'applications peuvent changer à tout moment sans aucun préavis.

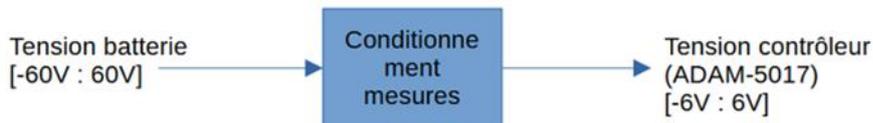
Table des matières

Informations techniques	2
Introduction	4
Spécifications	4
Composants nécessaires	5
Principe général	5
1. Entrée	5
2. Mesure	7
3. Isolation galvanique	8
4. Filtre haute fréquence en sortie	9
5. Sortie	9
6. Alimentation	10
7. Simulation	11
8. Routage	11
Annexe	13
Annexe I : Schéma électrique du circuit sur Proteus	13

Introduction

Cette note d'application va vous permettre de réaliser une carte électronique d'instrumentation mono canal, pour mesurer une tension différentielle continue, aux bornes d'une batterie par exemple, de manière analogique. Nous n'abordons pas l'aspect traitement de l'information numérique en aval de cette carte qui nécessitera de connecter un convertisseur analogique numérique puis un microcontrôleur pour interpréter la valeur mesurée.

L'objectif est de simplement adapter la tension d'une batterie de 60 V à un microcontrôleur 6 V.



Le circuit réalisé ci-dessous est dédiée à la mesure de tension pour un banc de test de batterie, nous avons donc choisi une alimentation de +/- 15 V pour cette carte pour faciliter le montage avec la même alimentation en parallèle des capteurs de courant qui est de +/- 15 V.

Cependant, vous verrez noté sur le schéma, une alimentation de +/- 12 V qui est tout aussi valable (la tension maximum est de +/- 18 V).

Spécifications

	Composant	Valeur	Unité	Remarque
Entrée	Résistance R1	90	k Ω	Pont diviseur de tension d'un facteur de 10, avec filtre passe-bas de fréquence de coupure de 9 Hz
	Résistance R2	90	k Ω	
	Résistance R3	10	k Ω	
	Résistance R4	10	k Ω	
	Capacité C1	200	nF	
	Capacité C2	200	nF	
Instrumentation	Amplificateur d'instrumentation INA111AP			
	Résistance de gain (Rg)	Infini	Ω	Broches laissées à vide pour régler le gain à 1
Isolation galvanique	Régulateur de tension isolée TRACOPOWER TMH2415D			
	Amplificateur d'isolation galvanique ISO124P	1500	V	

Sortie	Résistance R5	1	k Ω	Filtre passe-bass RC 1er ordre de fréquence de coupure de 800 Hz
	Capacité C3	200	nF	

Composants nécessaires

Modèle	Nom	commande RS	quantité	prix (€)	
INA111AP	AOP instrumentation	197-7135	1	14,86	
ISO124P	AOP isolé	300-8243P	1	23,83	
TracoPower	Régulateur isolé	311-4871	1	8,84	
	Bornier 2 pins	189-5966	5	12,05	
	Résistance 90k	707-7824	10	1,48	
	Résistance 10k	707-7745	10	1,97	
	Résistance 1k	707-8221	10	1,97	
	Condensateur 200n	191-3020	5	2,67	
	Bornier 3 pins	790-1092	5	5,21	
				Total	72,88

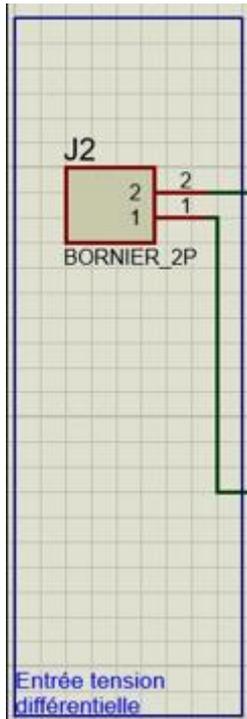
Principe général

1. Entrée

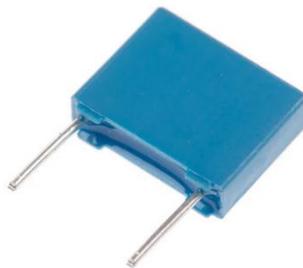
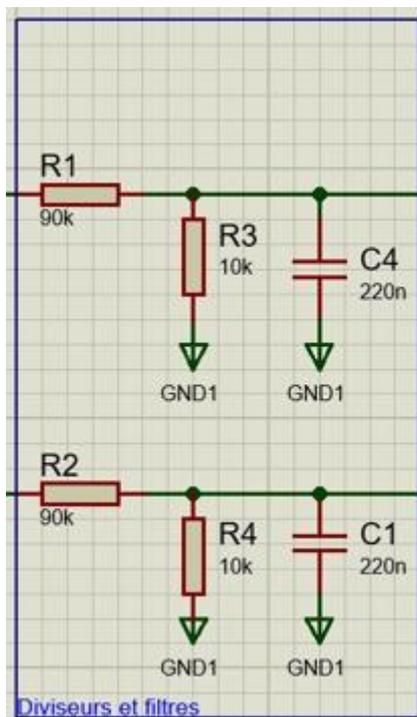
La tension à mesurer sera à l'aide de deux câbles auxquels il faudra dénuder les raccords :



Il faudra relier ces câbles au bornier d'entrée :



Le signal sera divisé par 10 à l'aide de diviseur de tension créées de résistances traversantes :

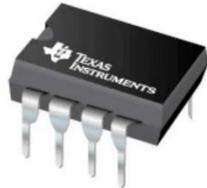
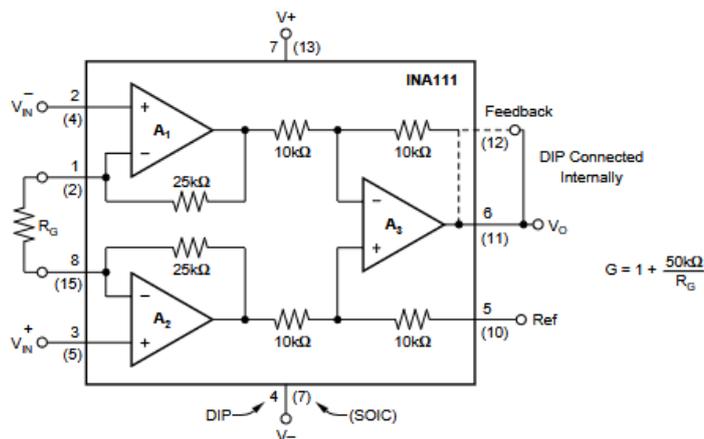
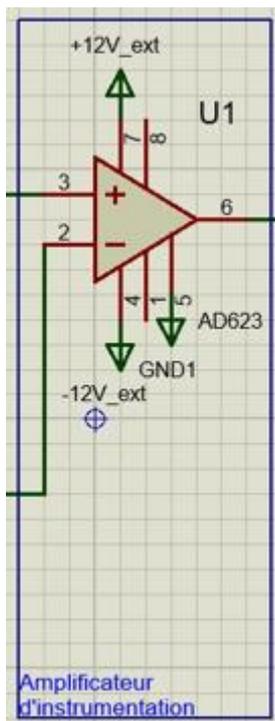


Le filtre passe-bas RC du 1^{er} ordre est suffisant pour filtrer tout type de perturbation puisque nous souhaitons mesurer une valeur continue à la fréquence d'échantillonnage de 1 Hz, 10 Hz serait un choix judicieux, avec un condensateur de 200 nF, on atteint $f_c = 9$ Hz.

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 90 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-9}} = 8,84 \text{ Hz}$$

2. Mesure

Nous utiliserons un amplificateur différentielle composés de deux AOP suiveur et d'un AOP soustracteur :



L'amplificateur d'instrumentation est conçu pour amplifier uniquement la différence de tension entre ses deux entrées ($V+$ et $V-$), tout en rejetant les tensions communes aux deux entrées (mode commun).

Cela le rend idéal pour mesurer de petites tensions différentielles en présence de bruit ou de tensions de mode commun élevées.

Il possède un taux de réjection du mode commun à 90 dB, cela signifie qu'il peut rejeter efficacement les tensions communes aux deux entrées (par exemple, le bruit provenant de l'alimentation ou des interférences électromagnétiques), ce qui est crucial pour des mesures précises.

Les entrées de cet amplificateur d'instrumentation ont une impédance d'entrée très élevée (10 TΩ). Cela minimise la charge sur le circuit mesuré, évitant ainsi de perturber le signal d'origine.

Le gain de l'amplificateur d'instrumentation peut être réglé facilement en utilisant une résistance externe (R_g). Cela permet d'adapter l'amplification en fonction des besoins de l'application.

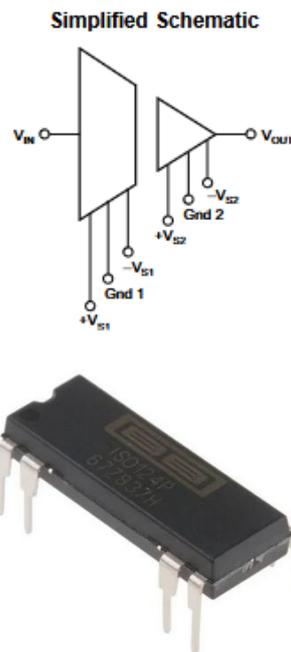
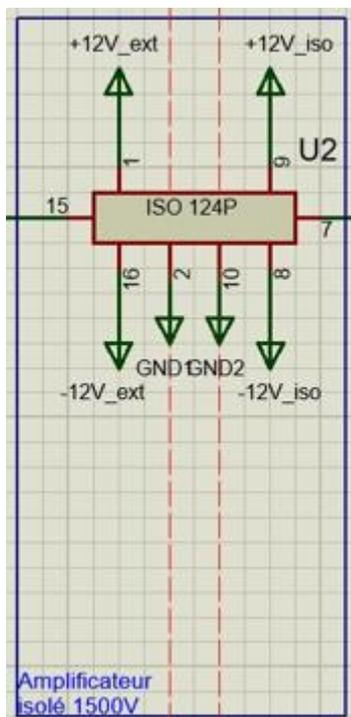
La formule du gain est d'après la documentation :

$$G = 1 + \frac{50 \cdot 10^3}{R_g}$$

Nous choisirons de laisser les broches R_{g+} et R_{g-} à vide pour apporter une impédance qui tend vers l'infinie et ainsi régler un gain unitaire.

3. Isolation galvanique

Nous utiliserons un amplificateur de précision ISO124 qui intègre une excellente fiabilité et une bonne immunité aux transitoires haute fréquence, l'ISO124 est facile à utiliser, aucun composant externe n'est requis pour son fonctionnement. Ses principales spécifications incluent une non-linéarité maximale de 0,010 %, une dérive de la tension de décalage (VOS) de 200 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, Une plage d'alimentation de $\pm 4,5 \text{ V}$ à $\pm 18 \text{ V}$ et des courants de repos de $\pm 5 \text{ mA}$ sur VS1 et $\pm 5,5 \text{ mA}$ sur VS2 font de l'ISO124 un excellent choix pour une large gamme d'applications.

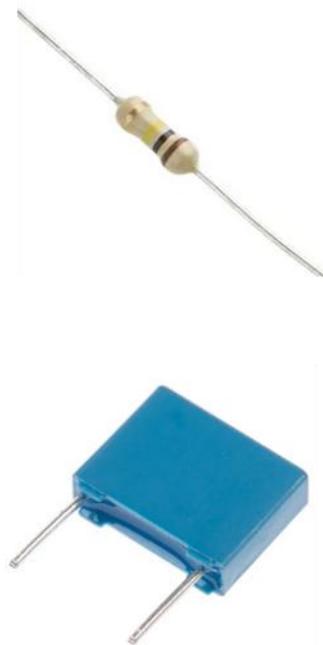
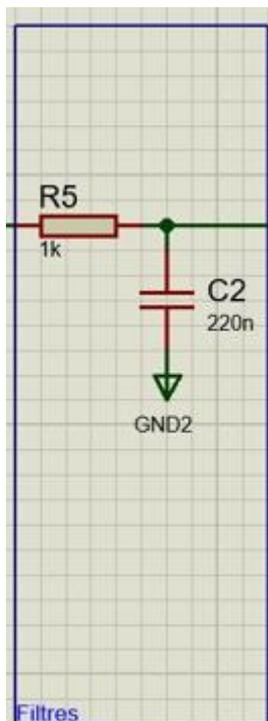


4. Filtre haute fréquence en sortie

Les perturbations hautes fréquences sur des pistes ou des câbles transportant des signaux basse tension peuvent causer plusieurs problèmes, notamment des interférences électromagnétiques, le couplage capacitif et inductif entre des pistes proches peut transférer du bruit d'une ligne à une autre, provoquant des interférences entre signaux, une piste longue ou un câble peut agir comme une antenne et capter ou rayonner des interférences radiofréquences et une mauvaise gestion des masses peut amplifier les perturbations haute fréquence, générant du bruit et de l'instabilité dans le circuit.

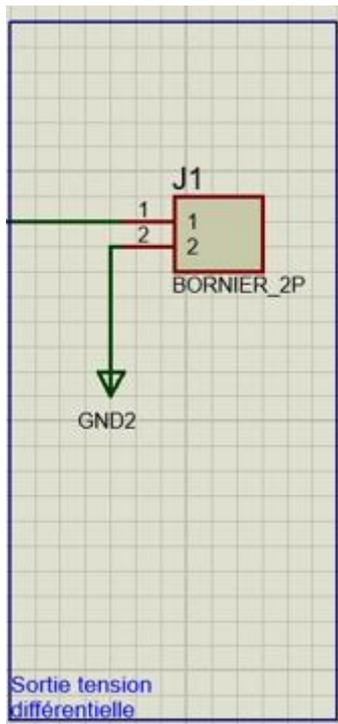
Pour atténuer ces perturbations, nous ajoutons un filtre passe-bas RC, R = 1 k Ω et C = 200 nF, pour une fréquence de coupure de 800 Hz.

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-9}} = 795 \text{ Hz}$$



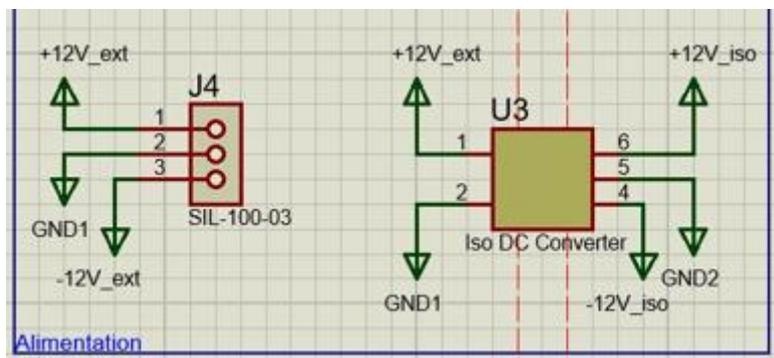
5. Sortie

La sortie sera un bornier 2 broches pour extraire le signal divisé, isolé et filtré :



6. Alimentation

Pour faire fonctionner cette carte, il faudra une alimentation externe +15 V, - 15 V et une masse connectée au bornier.

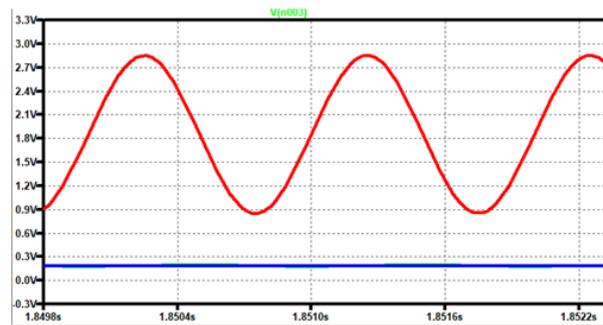
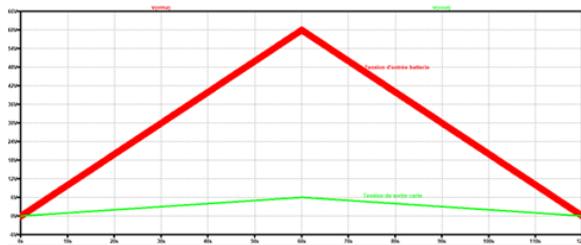
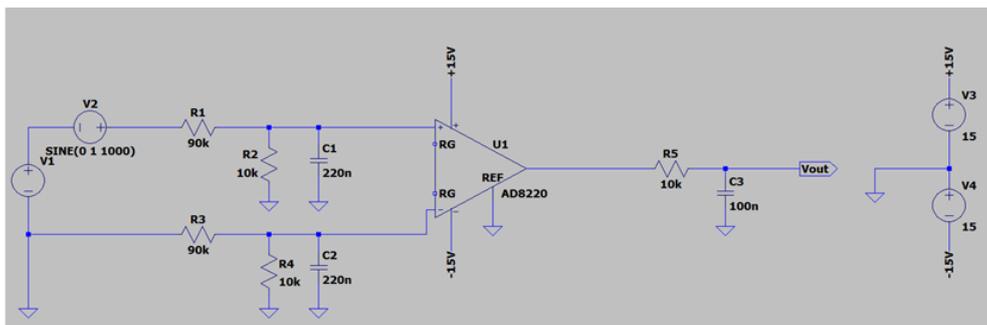


Le régulateur de tension TRACOPOWER TMH 2415D permet d'isoler galvaniquement l'alimentation, il prend 15 V en entrée et renvoi +/- 15 V.



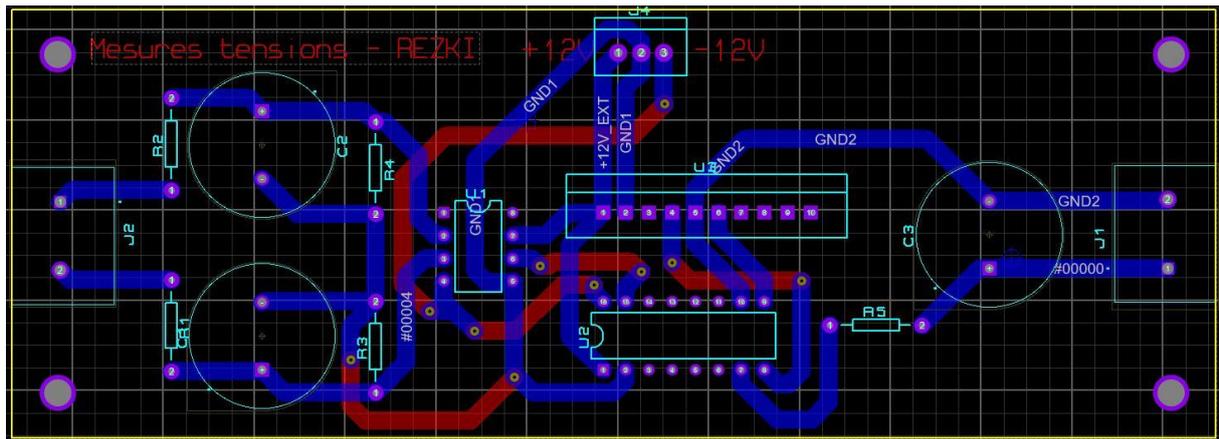
7. Simulation

Nous réalisons une simulation sur LTspice pour vérifier le filtrage en sortie avec une perturbation de 2 kHz typique du bruit électromagnétique pouvant arriver.



8. Routage

Voici une proposition de routage à titre indicatif pour un seul canal :



Les règles de routages adoptées :

- Minimiser la longueur des pistes pour réduire la résistance
- Éviter les angles à 90° pour réduire les réflexions
- Espacement minimum entre les pistes : 0,2 mm
- Largeur de piste de 1 mm pour faciliter les soudures manuelles
- Éviter les boucles de masses pour éviter les courants parasites
- Séparer la masse de l'entrée de la masse de la sortie (défini au schéma, GND1, GND2)

Annexe

Annexe I : Schéma électrique du circuit sur Proteus

