

Afin de convertir la valeur de la résistance de la PT1000 en tension linéaire (V_e), celle-ci doit être alimentée par un générateur de courant constant indépendant de la température. La sonde ainsi alimentée doit être chargée par un amplificateur à haute impédance pour préserver la linéarité. Dans le cas contraire, si l'on chargeait la sonde par un amplificateur d'impédance de 12 kOhms, nous perdons 3% de linéarité de 0 à 100°C ! Soit 3°K d'erreur.

L'amplificateur et la source de courant donneront une tension de sortie identique à la sonde LM335.

La source de courant :

Un courant trop fort provoque de l'auto-échauffement et une erreur de mesure.

Un courant trop faible entrainera un risque plus élevé de perturbation à cause des parasites.

Avec un courant de 200 μ A, nous aurons 770 μ V/°K par rapport à sa pente de 3,85 Ohms/°K.

De 0 °C à 200 °C nous aurons 0,2 V à 0,354 V.

La source de courant devra être indépendante de la température à raison de 1/1000 pour avoir une erreur inférieure à 0,5 °K de 0 à 200 °C. En pratique, l'interface de cette sonde sera dans le local de la chaufferie hors gel, dans une plage entre 0 à 40°C.

L'amplificateur :

L'amplificateur devra augmenter la pente de 770 μ V/°K à 10 mV/°K, soit un gain en tension théorique de 12,987.

Un dispositif de décalage (offset) devra donner 2,7315 V en sortie pour 0°C (soit 273,15 °K).

Cet amplificateur réalisé à partir d'un amplificateur opérationnel devra avoir une dérive inférieure à 1 mV en sortie (tension d'offset) dans la plage de 0 à 30°C.

Il devra rejeter les parasites impulsionnels et les hautes fréquences (bande GSM 900-1800 MHz, ISM 433-868 MHz et WiFi 2,4 GHz).

Le schéma :

Le montage qui suit fut inspiré de la fiche technique de Patrick Nies [1]. Quelques changements au niveau de la source de courant et de l'amplificateur ont été apportés.

La source de courant est établie à partir d'une tension de référence (TL431) et d'un amplificateur opérationnel (1/2 de LM358 ou LM2904). Le TL431 est une diode zener programmable très stable en température. Le jeu de résistances (R2 et R3) et le potentiomètre ajustable multi-tours R1 permettent un ajustage du courant dans une plage de 5%.

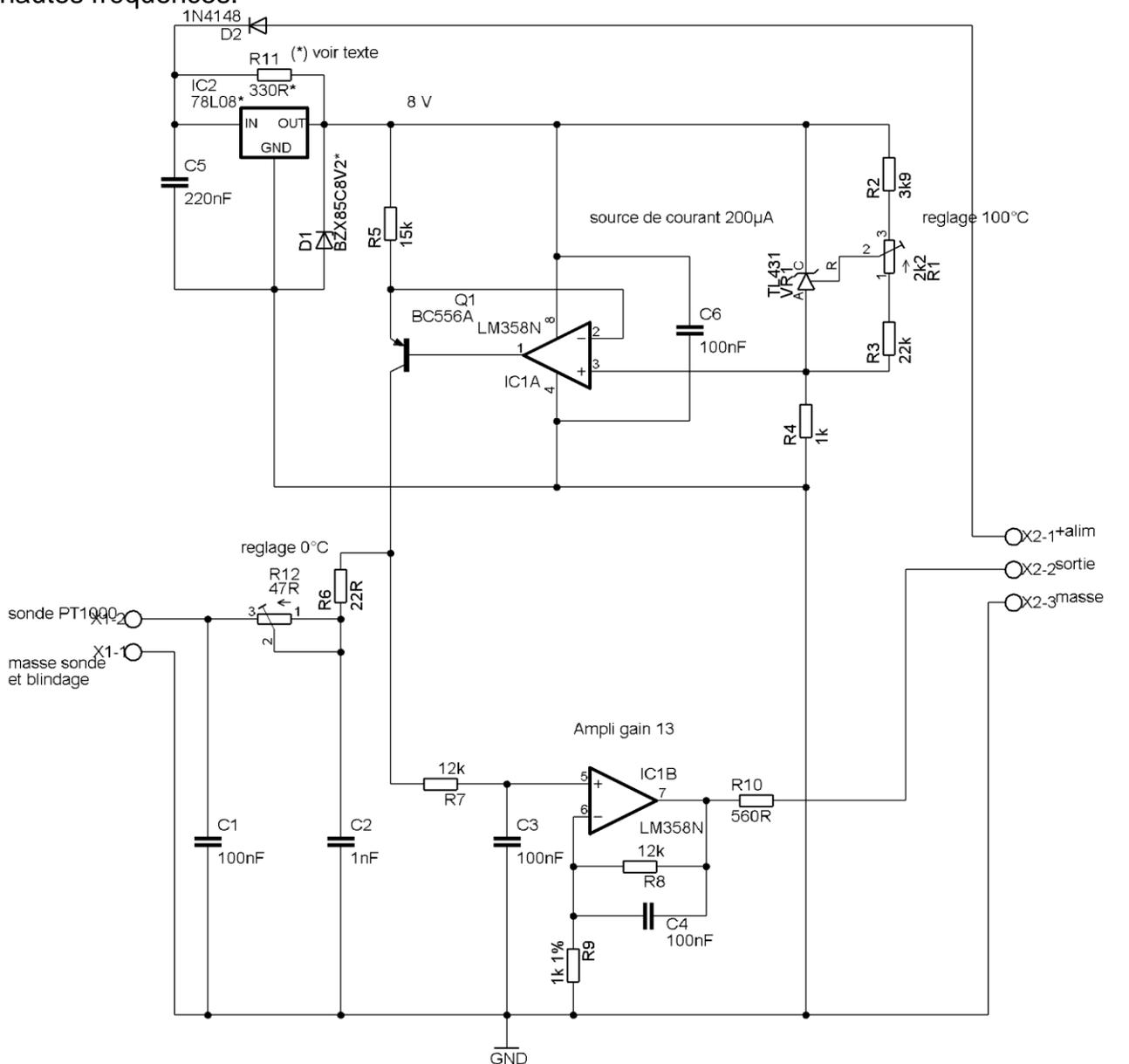
La stabilité de la contre réaction est meilleure si le transistor PNP Q1 n'a pas trop de gain (suffixe A des séries BC557A, BC308A ou 2N2907). Cette source de courant alimente la PT1000 via un jeu de résistance fixe R6 et ajustable R12 en série pour donner 2,7315 V en sortie pour 0°C.

La deuxième moitié du double amplificateur opérationnel est configuré en non-inverseur avec un gain de $13 = 1 + (12k/1k)$. La résistance R10 de sortie, de 560 Ohms, évite l'instabilité de l'amplificateur si la charge est capacitive.

Une capacité C4 de 100 nF en parallèle sur la résistance de contre réaction R8 atténue les parasites impulsionnels.

La résistance R7 en série avec l'entrée non-inverseuse sert à compenser la dérive d'offset du LM358.

De 0 °C à 40 °C le montage dérive de moins de 1,5 mV, ce qui représente 0,15 °K !
 Les différentes capacités en céramique (C1 et C2) servent à atténuer les parasites et les hautes fréquences.



Jean-Mathieu STRICKER	
F5RCT	
TITLE: PT1000toLM335	
Document Number:	REV: A
Date: 24/07/2012 09:59:57	Sheet: 1/1

Pour délivrer 4,73 V en sortie avec la sonde à 200 °C, il faut une tension d'alimentation minimale de 6,5 V sur le broche 8 de IC 1.

La plage de tension d'alimentation sans régulateur est de 7 à 16 V pour une dérive relative de +/- 0,5 °K en sortie.

Avec un régulateur 78L08 le montage devient insensible à la tension d'alimentation qui s'étend alors de 11,5 à 30 V.

Choix des composants :

Les résistances seront de préférence à couche métallique : le corps de la résistance est vert ou bleu (la couleur beige ou brune est réservée aux résistances à couche carbone). Les résistances ajustables sont des trimmers 10 tours à réglage par le haut. Les composants actifs se trouvent chez les distributeurs cités en fin d'article, ou bien ils peuvent être récupérés.

Le TL431 se récupère dans les alimentations de PC ATX et les petites alimentations à découpage. Préférez les suffixes B, AC ou C qui sont plus stables en température dans notre plage de 0 à 40°C.

Le double amplificateur opérationnel LM358 est très courant. Les modèles avec le suffixe A ont moitié moins de tension d'offset que ceux sans le suffixe A. Les LM158, LM258 ou LM2904 conviennent aussi par leur plage de température plus étendue.

Ne pas prendre le LM1458. Il ne convient pas pour cette application par sa plage de tension de mode commun en entrée non compatible avec ce convertisseur.

Le TLC272 est une version CMOS qui apporte d'avantage d'immunité aux perturbations. Les suffixes suivants donnent la tension d'offset et la plage de température par ordre de préférence : TLC277IP, TLC272BIP, TLC272BCP, TLC272AIP, TLC272ACP, TLC272IP, TLC272CP.

Le transistor PNP de la source de courant n'est pas critique mais il ne devra pas avoir un gain en courant trop élevé (< 300) ; ceci afin de garantir une bonne stabilité du courant. Les suffixes A sont à préférer aux suffixes B et C. Convieront les BC556A, BC557A, BC558A, BC559A, BC560A, BC327-16 et aussi le 2N2907.

Les condensateurs seront en céramique multicouches ou film « MKT ». Nous avons écarté les condensateurs électrochimique aluminium qui ont une durée de vie limitée dans le temps.

C1, C3, C4, C6	100nF céramique
C2	1nFcéramique
C5	220nF ou 100 nF céramique
D1	BZX85C8V2 ou ZX85C6V8 (voir texte)
D2	1N4148
IC1	LM358N our LM358A (voir texte)
IC2	78L08 (ou diode zener voir texte)
Q1	BC556A ou BC557A, BC558A, BC559A, BC560A, BC327-16, 2N2907
R1	2k2 trimmer 10 tours vertical
R2	3k9 5%
R3	22k 5%
R4	1k 5%
R5	15k 1%
R6	22Ω 5%
R7	12k 5%
R8	12k 1%
R9	1k 1%
R10	560Ω 5% ou 330Ω à 470Ω
R11	330Ω voir texte
R12	47Ω trimmer 10 tours vertical
VR1	TL431
X1	bornier à vis 2 ports
X2	bornier à vis 3 ports

Ci-contre, étalonnage du convertisseur à l'aide d'un multimètre de précision (Fluke 45). Pour la validation, le convertisseur fut câblé sur un circuit imprimé pastillé avec le plan de masse.

La sonde, le thermomètre à alcool et le thermomètre digital sont maintenus avec un élastique.



Pour la liaison entre cette carte d'interface et la sonde PT1000, il est préférable d'utiliser du câble blindé (câble d'antenne satellite/TNT noir résiste aux UV) ou de la paire torsadée (câble téléphone). La tresse en aluminium de certains câbles coaxiaux d'antenne TV ne peut pas se souder: l'astuce est de la serrer avec un petit collier, un presse étoupe ou une fiche F avec une embase soudable. On protégera les connexions dans des boîtiers étanches au sec (sous les tuiles), l'eau provoque de la corrosion et une mesure erronée !

Avec le câble réseau Ethernet, il est conseillé de mettre les paires en parallèle afin de réduire la résistance linéique de pertes au-delà de 10 mètres. A défaut de blindage, on relie à la masse toute paire non utilisée.

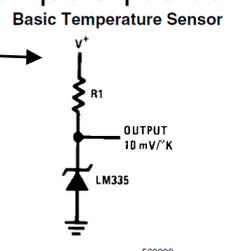
On peut compenser la perte du câble avec la résistance ajustable R12, même après l'étalonnage avec la sonde. La méthode consiste à prendre une résistance de 1000 Ohms 1% que l'on connectera directement au montage en notant la tension de sortie 'x' V avec précision. Puis, cette même résistance est montée au bout du câble et on ajustera pour avoir la même tension 'x' V. Le câble est ainsi compensé !

Pour éviter les courants de mode commun, le blindage sera relié à la masse des deux côtés :

- A la masse de la carte d'interface d'un côté.
- A la sonde, le blindage sera relié à celle-ci avec un câble coaxial seul et aussi avec le côté masse de la paire torsadée. La masse de la sonde ne devra pas être reliée à la tuyauterie, mais le câble devra longer le tuyau pour limiter toute surface d'induction.

Ces dispositions permettent une compatibilité électromagnétique efficace contre les hautes fréquences, les parasites de commutation et les inductions provenant d'orages à proximité.

Du côté de l'entrée analogique de l'automate à microcontrôleur, on ne manquera pas de retirer la résistance d'alimentation qui était prévue d'origine pour la sonde LM335.



Bonne réalisation !

Jean-Matthieu STRICKER
F5RCT

Ingénieur INSA en électronique et radiofréquences dans l'industrie automobile



Références :

[1] Convertisseur PT100, PT1000 ou KTY - 0/10V :

http://www.appersolaire.org/Pages/Electronique/Electro/conv_pt1xxx_10v/PT100new3_1.pdf

fournisseurs de composants :

Radiospares : <http://radiospares-fr.rs-online.com/web/p/capteurs-de-temperature-et-humidite/1594685/>

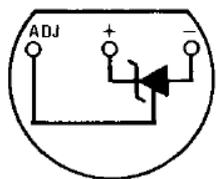
Gotronic : <http://www.gotronic.fr/art-lm335z-10307.htm>

Reichelt (pour les frontaliers avec l'Allemagne) : <http://www.reichelt.de/>

Dahms Electronic à Strasbourg : <http://www.dahms-electronic.com/>

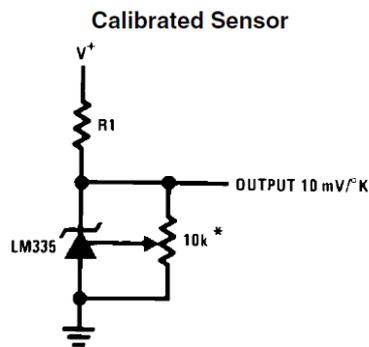
Extrait de la datasheet de la sonde LM335 :

TO-92
Plastic Package



569808

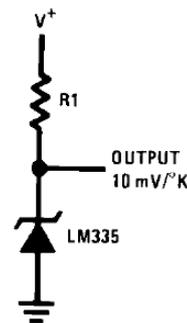
Bottom View



569809

*Calibrate for 2.982V at 25°C

Basic Temperature Sensor



569802

Pour de plus amples renseignements sur la sonde LM335 rechercher la datasheet sur le site <http://www.alldatasheet.com>