

Capteur low-tech résistif réalisé par un dépôt de particules de graphite sur papier

Caractéristiques générales

- Faible consommation d'énergie
- Temps de réponse court
- Facile à manipuler
- Léger et de petite taille
- Peu coûteux
- Connexion Bluetooth à l'aide du module HC-05
- Affichage écran OLED

Description

Ce capteur de déformation développé au département du Génie Physique de l'INSA Toulouse est constitué de nanoparticules de graphite, provenant d'un crayon par exemple, déposé sur un bout de papier. Ces particules forment alors une couche conductrice et un courant peut ainsi le traverser. Ce courant est basé sur l'effet tunnel et est donc proportionnel à la distance entre les particules. Ainsi, comme ce capteur est constitué d'un système granuleux, il y a une dépendance entre la résistivité électrique et la distance entre les particules. Par conséquent, toute pression exercée, en traction ou en compression, influe sur la résistivité du système, que nous pouvons assimiler à un capteur de résistance.

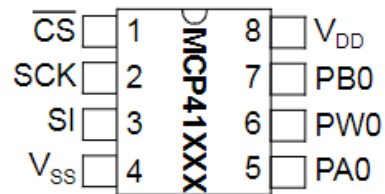
Celle-ci sera mesurée et affichée à l'aide :

- d'un montage amplificateur à transimpédance constitué d'un amplificateur opérationnel à faible bruit LTC 1050 et d'un potentiomètre digital MCP41050
- d'un encodeur rotatoire
- d'un module Bluetooth HC-05 permettant d'envoyer des données à une application de téléphone
- d'un écran OLED affichant les valeurs de résistance, la position du wiper du potentiomètre digital, ainsi qu'une valeur d'échelle pour le mapping des données envoyées par Bluetooth à l'application.

Liste du matériel

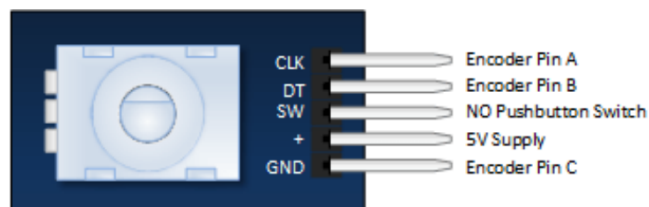
Potentiomètre digital MCP41050 :

PDIP/SOIC

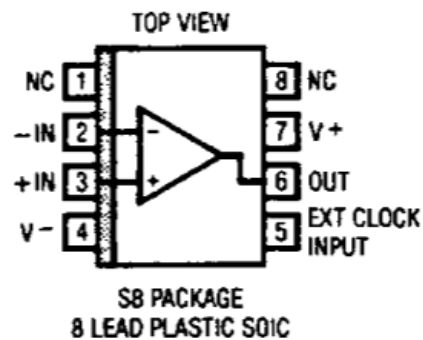


R_{nom} (mode rhéostat) = 50 kΩ
Codage 8 Bits

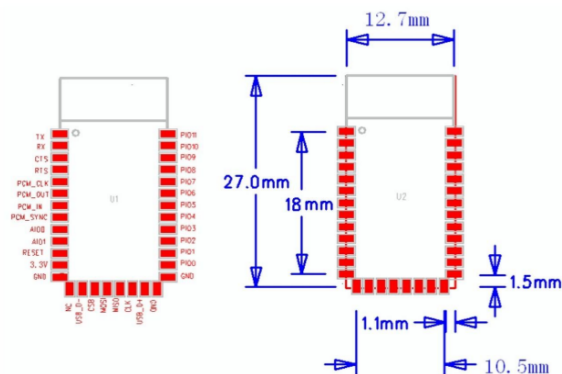
Encodeur rotatoire KY040 :



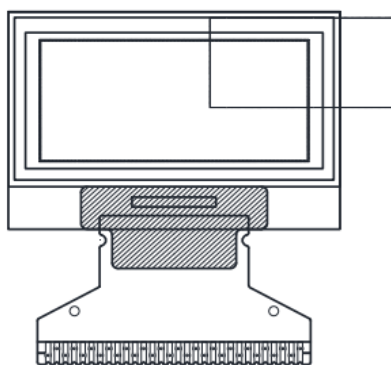
Amplificateur LTC1050 :



Module bluetooth HC05 :



128x64 Graphic OLED



Spécification du capteur

Type	Capteur de déformation à base de nanoparticules de graphite
Principe de détection	Courant formé par effet tunnel entre les particules
Matériaux	Papier, graphite
Type de capteur	Passif
Source de tension	5V
Mesure de déflexion	Résistance
Longueur	Conseillée : max 5 cm
Largeur	Conseillée : min 1mm
Epaisseur	1 mm
Temps de réponse	< 50 ms
Température de travail	20°C - 25°C

Caractéristiques électriques

	Unité	Valeur		
		Min	Typique	Max
Déformation Crayon HB	MΩ	400	600	800
Déformation Crayon 2H	MΩ	500	2 200	3 300
Déformation Crayon B	MΩ	140	450	600
Résistance de court-circuit	kΩ	/	512	/

Comportement électrique prédit

Le gain du montage est réglé par Rvar, la résistance variable du potentiomètre digital.

Gain et valeurs des résistances et capacités installées

$$V_{out} = \frac{1+(R3//C4)+R6}{R2+Rvar} \times \frac{E*(R1//C1)}{(Rsens+R5+(R1//C1))}$$

R1	C1,C3,C2	R2	R3	C4	R5	R6	E	Rvar	R sensor
100kΩ	100nF	33Ω	270 kΩ	1μF	10k Ω	1kΩ	5V	300Ω à 51kΩ	Plage conseillée : 1MΩ à 10MΩ

Graphique représentant la tension de sortie en fonction de la résistance du capteur
(fonction de transfert)

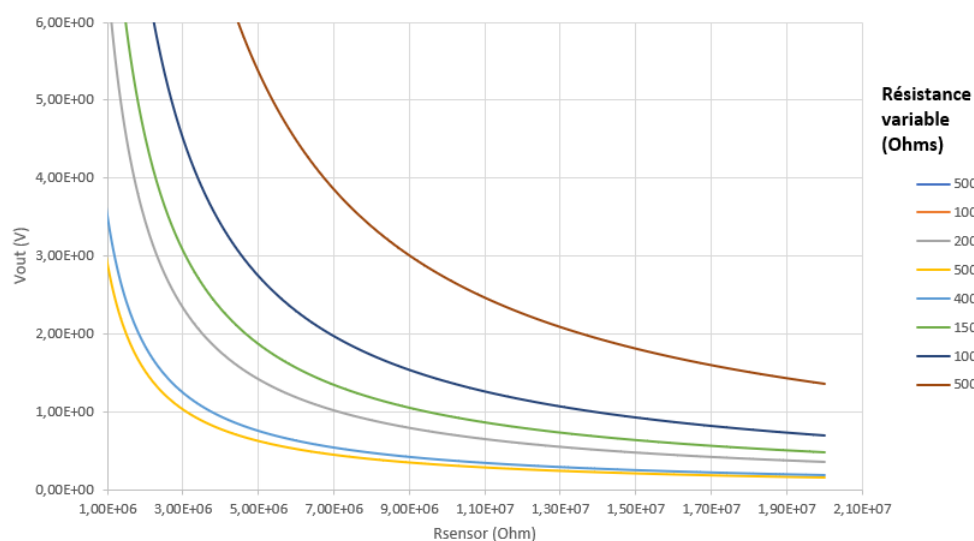


Figure ci-dessus : Caractéristique V_{out} / R_{sensor} pour différentes valeurs de résistance variable du potentiomètre digital en mode rhéostat.

Description des Pins

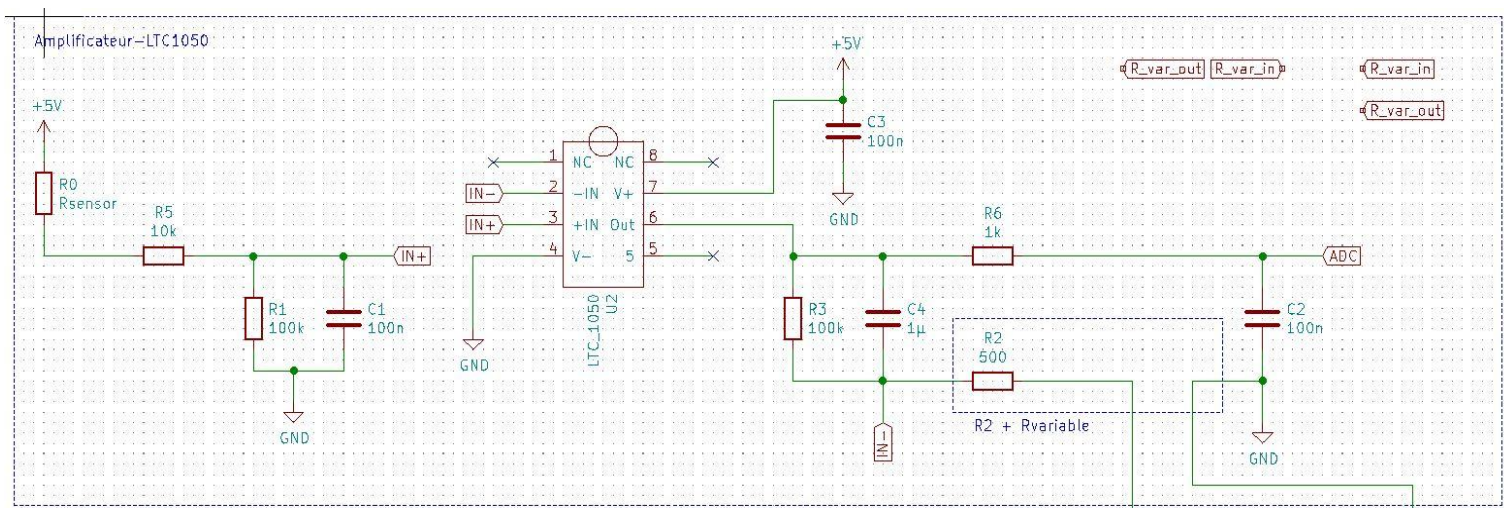
Dispositif	PIN du dispositif	PIN Arduino
Entrée du capteur de résistance	1	/
	2	/
Sortie du capteur de résistance	/	A0
Module Bluetooth HC-05	VCC	Vin - 5V
	GND	GND
	TX	5
	RX	6
Ecran OLED	VCC	Vin - 5V
	GND	GND
	SCL	A4
	SDA	A5
	V+	Vin - 5V
	GND	GND

Encodeur rotatoire KY-040	SW	4
	DT	3
	CLK	2
Potentiomètre digital	/C5	10A
	SCK	13
	SI	11
	Vss	GND
	VDD	Vin - 5V
	PB0	/
	PW0	/
	PA0	/

Dimensions

Longueur (mm)	Largeur (mm)	Hauteur approx. (mm)
68,6	53,3	80

Applications typiques



Les applications typiques du montage sont :

- La mesure d'une résistance Rsensor alimentée en 5V à partir de la carte arduino
- La mesure d'une variation de résistance dRsensor à partir de la carte arduino.

Nous nous servons de ce montage afin de capter la déformation d'une feuille de papier sur laquelle on a dessiné un système granulaire résistif. La déformation induit un changement de résistance, que l'on peut mesurer et tracer.

Par défaut, le code arduino (C++) livré avec le capteur et installé dans la mémoire interne du microcontrôleur permet un ajustement automatique du gain afin de conserver une tension de sortie **Vout à 2,5 V**. Cette tension de consigne est modifiable dans le code. S'il est impossible d'obtenir cette valeur, soit parce que le gain est trop élevé, soit parce qu'il est trop faible, le programme va donner comme valeur de consigne au potentiomètre digital la plus appropriée :

- 0 -> Gain minimal -> tensions trop fortes
- 255 -> Gain maximal -> tensions trop faibles

Changer cette valeur de consigne permet stabiliser la valeur Vout autour d'une autre valeur, choisie par l'utilisateur.

De plus, l'ajustement du gain est fait avec un correcteur proportionnel dont il est possible de modifier la sensibilité dans le code. Par défaut, la constante K_p du correcteur proportionnel est définie à 5.

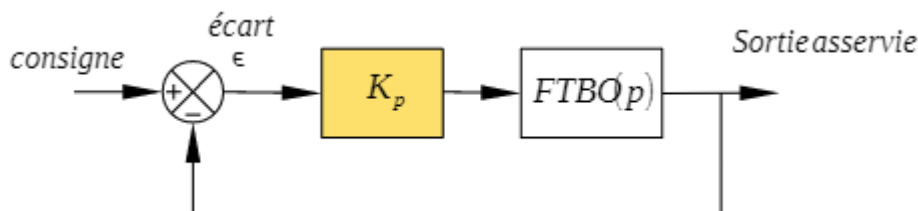


Figure ci-dessus : correcteur proportionnel

Consigne : 2,5 V par défaut

ϵ : écart entre la consigne et la valeur de tension mesurée

Kp : 5

Action : augmenter ou diminuer la position du wiper du potentiomètre digital

Instruction donnée au potentiomètre digital	Résistance Rvar (Ohms)	Gain associé approximatif ($1+R3/Rvar$)
0	51,8 k	6,2
255	300	810
X entier entre 0 et 255	$51,8k - X \cdot (51,8k - 300) / 255$	~

Pas du potentiomètre digital : 201,96 Ohms environ

Par défaut, le code arduino envoie à une application .apk sur Android les données et permet le tracé de la courbe de variation sur le smartphone. Une fonctionnalité permise par l'encodeur rotatoire est de changer l'échelle utilisée, **autour de 5 MOhm**.

Échelles possibles :

Valeur de Scale (affichage sur l'OLED)	Plage de tensions	Nombre de valeurs discrètes associées (envoi à l'application)
1	0 à 10 MOhm	128
2	1 à 9 MOhm	128
3	2 à 8 MOhm	128
4	3 à 7 MOhm	128
5	4 à 6 MOhm	128
6	4,5 à 5,5 MOhm	128