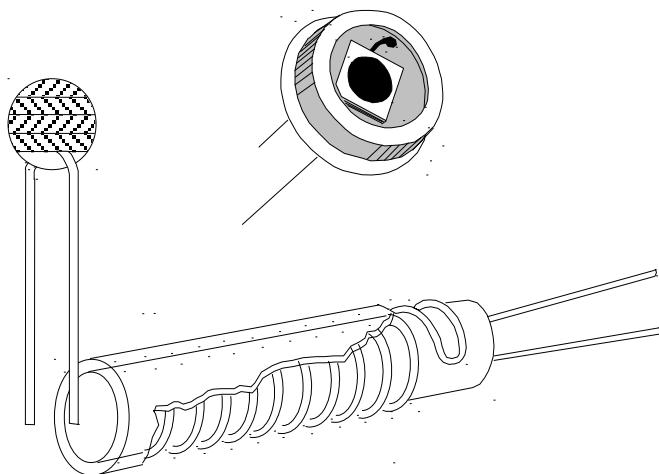


Capteurs Instrumentation



RGL



KPR
KTI

KPES
MSRA

NOM					
NOM					
Séance 1	CIM : RGL				
Séance 2	CIM : KPR	CIM : KPR	CIM : KPR	CIM : KTI	CIM : KTI
Séance 3	CIM : KTI	CIM : KTI	CIM : KTI	CIM : KPR	CIM : KPR
Séance 4	CIM : KPES	CIM : KPES	CIM : MSRA	CIM : MSRA	CIM : KPES CIM : MSRA
Séance 5	CIM : MSRA	CIM : MSRA	CIM : MSRA	CIM : KPES	CIM : KPES CIM : MSRA
Séance 6			CIM : KPES	CIM : MSRA	CIM : MSRA

TP 1 : Réglages :

Alimentation et Multimètre

But du TP : ce premier TP est destiné à prendre contact avec les instruments de base et les méthodes qui seront utilisés lors des travaux pratiques suivants. Dans cet objectif, deux expérimentations vous sont proposées :

- Influence des câbles de liaison dans les mesures d'impédance,
- Méthode de réglage fin d'un pont diviseur

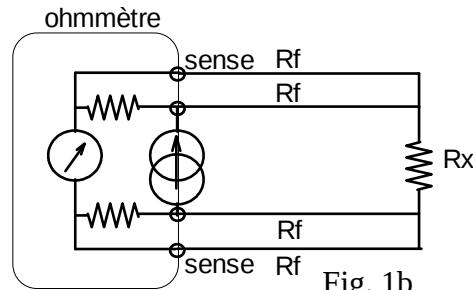
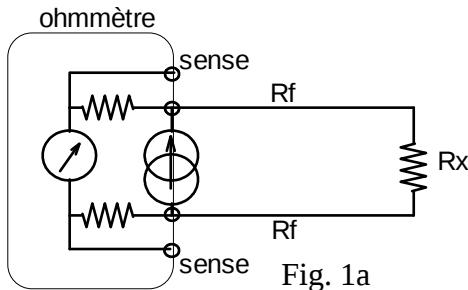
1. Mesure de résistance

Le multimètre utilisé est un Keithley DMM2000 $6\frac{1}{2}$ digits. Repérez sur votre multimètre comment changer de fonction de mesure (Voltmètre, Ohmmètre et Ampèremètre). Compensez l'offset en mode Ohmmètre en utilisant le cavalier (équivalent à un court circuit) à votre disposition. Expliquez ce qu'est la compensation d'offset.



Il faut compenser l'offset chaque fois que l'on change de fonction !

Dans son principe un Ohmmètre est constitué d'une source de courant reliée à un voltmètre à travers 2 résistances de valeur r négligeable devant l'impédance interne du voltmètre (figure 1). La tension mesurée par le voltmètre à courant fixe est affichée directement en valeur de résistance.



Après avoir repéré les 4 bornes correspondant à la sortie de la source de courant et à l'entrée du voltmètre, mesurer la résistance R_x de valeur nominale 100Ω mise à votre disposition. Montrer que l'Ohmmètre affiche :

- $R_x + 2 R_f$ dans la configuration 1a (mesure en 2 fils de résistance R_f)
- R_x dans la configuration 1b (mesure en 4 fils),

Faire la démonstration expérimentale en utilisant des fils de mesures de 1m afin d'avoir une résistance suffisante. Comment peut-on s'affranchir de la résistance des fils sans recourir à la méthode 4 fils ?

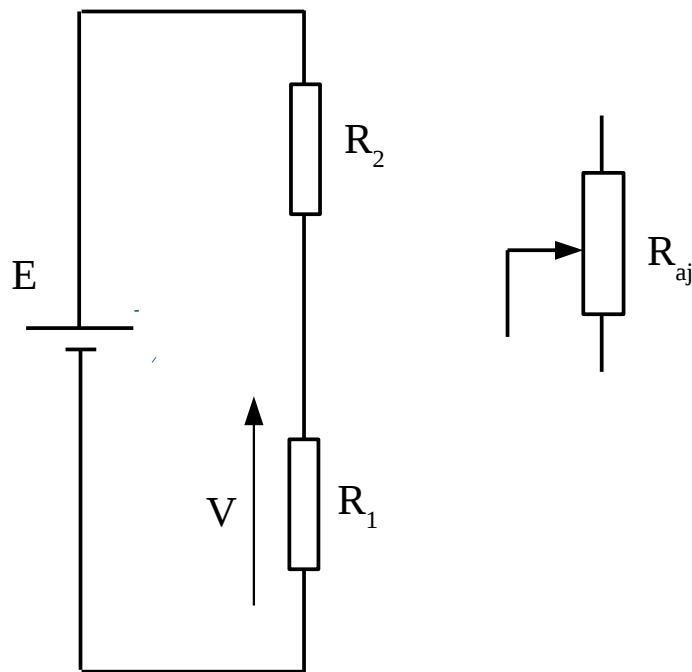
2. Réalisation d'une source de tension continue réglable

1. Afficher une alimentation d'environ 10V. Mesurez précisément cette tension, et calculez l'incertitude expérimentale sur votre mesure.
2. Prenez deux résistances R_1 et R_2 , de $1\text{k}\Omega$ et $10\text{k}\Omega$ respectivement. Mesurez précisément ces deux résistances et donnez les incertitudes de mesure. Discuter la différence entre votre incertitude de mesure et celle indiquée par le code de couleur (ici à 5%) ?
(c) En utilisant la source de tension de 10V et les résistances R_1 et R_2 , réalisez une source de tension continue (pont diviseur). Mesurez la tension ainsi réalisée et calculez l'incertitude sur cette tension. Comparez à la valeur théorique attendue (en incluant l'incertitude calculée sur cette valeur théorique) :

Valeur expérimentale :

Valeur théorique :

3. On désire obtenir une tension continue de 1V, de la manière la plus précise possible. Montrez que cela est possible en utilisant les résistances R_1 , R_2 ainsi qu'une résistance variable de réglage R_{aj} . Où placez-vous cette résistance dans le montage ? Calculer sa valeur, réaliser le montage et mesurer la tension de sortie V .



TP 2 : Capteur de pression (KPR)

1. Présentation:

On se propose d'étudier et d'établir un capteur de pression différentielle intégré. Ce capteur est constitué d'une membrane en silicium (corps d'épreuve) qui se déforme sous l'effet de la différence de pression appliquée sur les ports d'entrée du capteur. Quatre jauge de contraintes sont disposées en pont de Wheatstone entier sur cette membrane de silicium (voir notice jointe) :

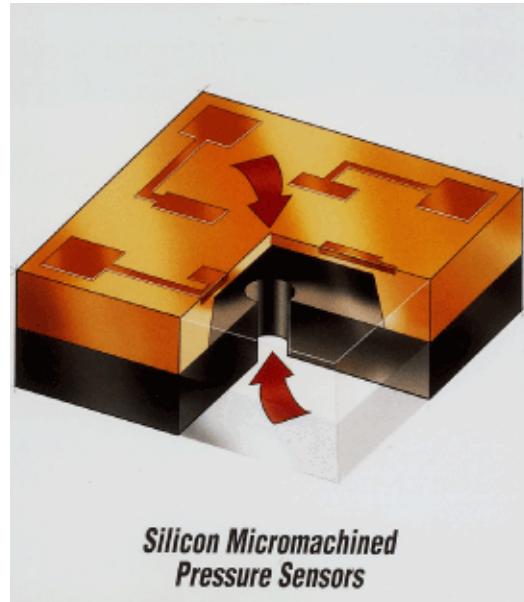


Fig 1 : Principe de fonctionnement d'un capteur de pression différentiel

En régime élastique, la résistance R de chaque jauge varie linéairement avec la déformation de la membrane (et donc avec la pression). On obtient alors la relation :

$$|\frac{\Delta R}{R}| = A \cdot \Delta P$$

Où A est un facteur de proportionnalité dépendant de la nature des jauge de contraintes, de leur positionnement sur la membrane, des caractéristiques mécaniques de cette membrane, et enfin de la géométrie de ce corps d'épreuve. La disposition des jauge sur la membrane assure un fonctionnement en pont entier : les jauge d'une même branche présentent des variations opposées et les 2 branches sont inversées.

Le dispositif expérimental représenté sur la figure 2a est constitué d'un calibrateur numérique de pression dont l'entrée est reliée à la fois au capteur et à une pompe manuelle (DP0V). La pression relative (à l'atmosphère) est affichée par le calibrateur, permettant ainsi d'établir le capteur. Celui-ci est alimenté par une tension continue réglable. Un multimètre numérique permet de mesurer la tension V_m de sortie du capteur.

2. Préparation:

Le capteur utilisé en TP est le SCX30DNC. Lisez la datasheet de ce capteur (en annexe) et répondez aux questions suivantes :

- (1) Quelle est en psi et en bar la plage d'utilisation de ce capteur.
- (2) Quelle est la tension maximale d'alimentation ?

- (3) Quelle est en mV/V/psi la sensibilité intrinsèque typique du capteur ? Convertissez cette grandeur en mV/V/bar.
- (4) Quelle est le sens physique de la résistance d'entrée du capteur ? Quelle est sa valeur typique à 25°C ?

3. Manipulation :

(a) Mesurez la résistance d'entrée du capteur. Déduisez-en une estimation de la valeur de chaque résistance du pont de Wheatstone, sachant que celles-ci sont égales, en première approximation, au repos.

(b) Après avoir repéré le brochage du capteur (figure 2 b), réalisez son étalonnage sous une tension d'alimentation de 10V et dans une gamme de pression de 0 à 2 bars. Représentez graphiquement la relation entre la pression appliquée et la tension de mesure. Déterminez, à l'aide de votre graphique, l'offset de votre capteur, ainsi que sa sensibilité intrinsèque. Conclure.

(c) Compte-tenu de l'offset que vous mesurez, déterminez l'emplacement et la valeur d'une résistance parallèle R_p permettant d'équilibrer le pont de à vide, c'est-à-dire à pression différentielle nulle, à température ambiante. Cette valeur vous semble-t-elle réaliste ? Réalisez cette compensation en utilisant deux résistances R_p .

(d) Réalisez un affichage direct de la pression en mmHg.

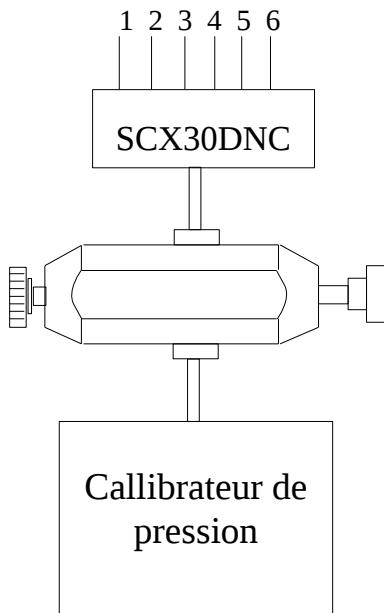


Fig 2.a

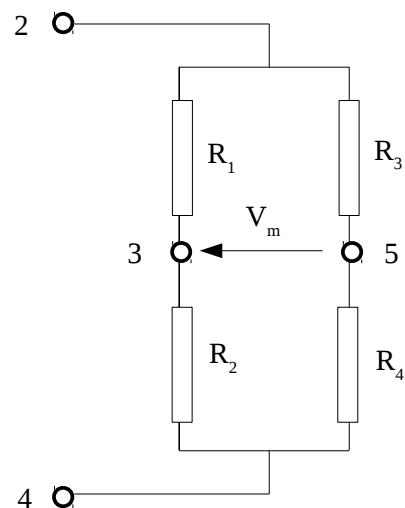


Fig 2.b

Tableau de conversion d'unités de pression

	Pascal	bar	kg/cm ²	Atmosph	g/cm ²	mmHg	mbar	psi
Pascal	1	10^{-5}	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$0,987 \cdot 10^{-5}$	$1,02 \cdot 10^{-5}$	$0,75 \cdot 10^{-2}$	10^{-2}	$0,1451 \cdot 10^{-3}$
bar	10^5	1	1.02	0,9869	1020	750	1000	14,51
kg/cm ²	$0,98 \cdot 10^{-5}$	0,98	1	0,968	1000	735	980	14,22
Atmosph	$1,013 \cdot 10^5$	1,013	1,033	1	1033	760	1013	14,70

FEATURES

- 0...1 to 0...150 psi
- Low cost
- Precision temperature compensation
- Calibrated zero and span
- Small size
- Low noise
- High impedance for low power applications

APPLICATIONS

- Medical Equipment
- Computer Peripherals
- Pneumatic Control
- HVAC

GENERAL DESCRIPTION

The SCX...C series sensors will provide a very cost effective solution for pressure applications that require operation over a wide temperature range. These internally calibrated and temperature compensated sensors give an accurate and stable output over a 0°C to 70°C temperature range. This series is intended for use with non-corrosive, non-ionic working fluids such as air, dry gases, and the like.

Devices are available to measure absolute, differential, and gage pressures from 1 psi (SCX01) up to 150 psi (SCX150). The absolute (A) devices have an internal vacuum reference and an output voltage proportional to absolute pressure. The differential (D) devices allow application of pressure to either side of the pressure sensing diaphragm and can be used for gage or differential pressure measurements.

The SCX devices feature an integrated circuit sensor element and laser trimmed thick film ceramic housed in a compact nylon case. This package provides excellent corrosion resistance and provides isolation to external package stresses. The package has convenient mounting holes and pressure ports for ease of use with standard plastic tubing for pressure connection.

All SCX devices are calibrated for span to within $\pm 5\%$ and provide an offset (zero pressure output) of $\pm 1\text{ mV}$ maximum. These parts were designed for low cost applications where the user can typically provide fine adjustment of zero and span in external



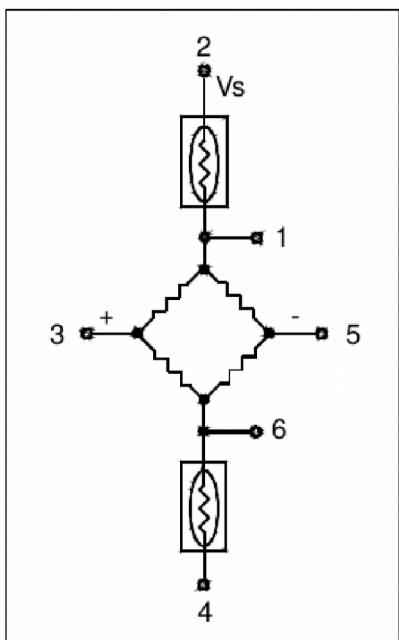
Scale: 1 cm
 ½ inch

circuitry. For higher accuracies, refer to the standard SCX series datasheet. If the application requires extended temperature range operation, beyond 0 to 70°C, two pins which provide an output voltage proportional to temperature are available for use with external circuitry.

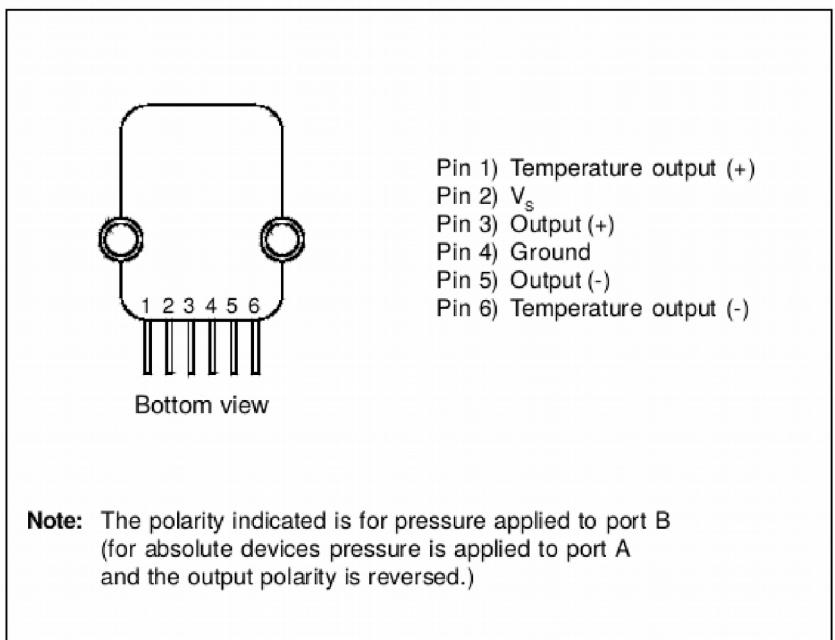
The output of the bridge is ratiometric to the supply voltage and operation from any D.C. supply voltage up to +20 V is acceptable.

Because these devices have very low noise and 100 microsecond response time they are an excellent choice for medical equipment, computer peripherals, and pneumatic control applications.

EQUIVALENT CIRCUIT



ELECTRICAL CONNECTION



PRESSURE SENSOR CHARACTERISTICS¹

Standard pressure ranges

Part number	Operating pressure	Proof pressure ²	Full-scale span ^{1,3}		
			Min.	Typ.	Max.
SCX01DNC	0 - 1 psid	20 psid	17 mV	18 mV	19 mV
SCX05DNC	0 - 5 psid	20 psid	57.5 mV	60 mV	62.5 mV
SCX15ANC	0 - 15 psia	30 psia	85 mV	90 mV	95 mV
SCX15DNC	0 - 15 psid	30 psid	85 mV	90 mV	95 mV
SCX30ANC	0 - 30 psia	60 psia	85 mV	90 mV	95 mV
SCX30DNC	0 - 30 psid	60 psid	85 mV	90 mV	95 mV
SCX100ANC	0 - 100 psia	150 psia	95 mV	100 mV	105 mV
SCX100DNC	0 - 100 psid	150 psid	95 mV	100 mV	105 mV
SCX150DNC	0 - 150 psid	150 psid	85 mV	90 mV	95 mV

Maximum ratings (for all devices)

Supply voltage V_s	+20 V _{DC}
Common-mode pressure	50 psig
Lead temperature (soldering, 4 seconds)	250°C

Environmental specifications (for all devices)

Temperature range	Compensated	0 to 70°C
Operating		-40°C to +85°C
Storage		-55°C to +125°C
Humidity limits (non-condensing)		0 to 99 %RH

COMMON PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹

Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Unit
Zero pressure offset	-1.0	0	+1.0	mV
Combined linearity and hysteresis ⁴	---	±0.2	±1.0	%FSO
Temperature effect on span (0 to 70°C) ⁵	---	±0.4	±2.0	%FSO
Temperature effect on offset (0 to 70°C) ⁵	---	±0.20	±1.0	mV
Repeatability ⁶	---	±0.2	±0.5	%FSO
Input impedance ⁷	---	4.0	---	kΩ
Output impedance ⁸	---	4.0	---	kΩ
Common-mode voltage ⁹	5.7	6.0	6.3	V _{DC}
Response time ¹⁰	---	100	---	sec
Long term stability of offset and span ¹¹	---	±0.1	---	mV

Specification notes:

- Reference conditions: Unless otherwise noted: supply voltage, $V_s = 12$ V, $T_A = 25^\circ\text{C}$, common-mode line pressure = 0 psig, pressure applied to port B. For absolute devices only, pressure is applied to port A and the output polarity is reversed.
- Maximum pressure above which causes permanent sensor failure.
- Span is the algebraic difference between the output voltage at full-scale pressure and the output at zero pressure. Span is ratiometric to the supply voltage.
- See Definition of Terms. Hysteresis - the maximum output difference at any point within the operating pressure range for increasing and decreasing pressure.
- Maximum error band of the offset voltage and the error band of the span, relative to the 25°C reading.
- Maximum difference in output at any pressure with the operating pressure range and temperature within 0°C to +50°C after:
 - 1,000 temperature cycles, 0°C to +70°C
 - 1.5 million pressure cycles, 0 psi to full-scale span
- Input impedance is the impedance between pins 2 and 4.
- Output impedance is the impedance between pins 3 and 5.
- This is the common-mode voltage of the output arms (pins 3 and 5) for $V_s = 12$ V_{DC}.
- Response time for a 0 psi to full-scale span pressure step change, 10 % to 90 % rise time.
- Long term stability over a one year period.

TP 3 : CAPTEURS DE TEMPERATURE

But de la manipulation :

Etude et mise en oeuvre d'un capteur intégré AD 590 (sans amplification du signal)
Linéarisation shunt d'une thermistance.

Matériel disponible :

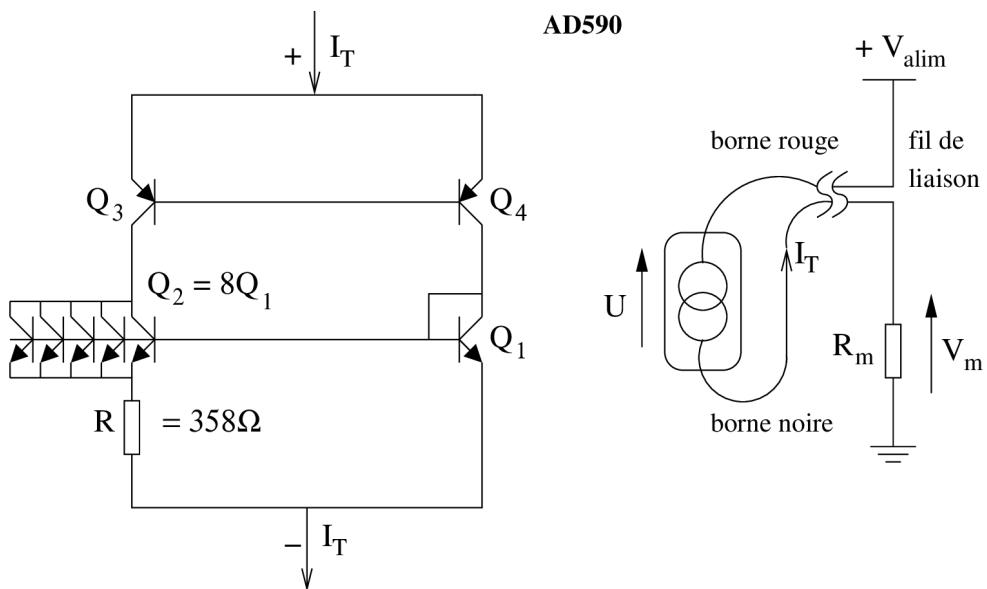
- capteurs : AD 590 et thermistance
- alimentation variable
- résistances fixes et variables
- multimètre de précision
- four étalonner

Remarque : dans la partie pratique, le capteur AD 590 et la thermistance seront étalonnés simultanément par souci de gain de temps.

1. Capteur AD 590 (Analog devices).

E.M. : -55, +150°C. Sensibilité nominale 1 $\mu\text{A/K}$.

1.1. Principe de fonctionnement et montage de base



Pour un transistor monté en diode ($V_{CE}=V_{BE}$), le courant d'émetteur s'écrit :

$$I = I_0 \exp(qV_{BE}/kT) \quad \text{avec } k : \text{constante de Boltzman } (1,3805 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})$$

q : charge de l'électron ($1,6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

Q3 identique à Q4

Q : 8 transistors en parallèle, tous identiques à Q1.

T : température absolue du circuit.

On peut montrer que $I_T = 10^{-6} T \text{ (A,K)}$.

- Quel est l'intérêt d'un capteur fournissant non pas une tension mais un courant proportionnel au mesurande ?
- Quelle doit être la valeur de R_m et entre quelles limites peut être choisie la tension d'alimentation sachant que :

$$U_{min} = 4V, \quad U_{max} = 30V$$

$$\theta_{max} = 120 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \theta_{min} = -25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sensibilité du montage souhaitée : 10 mV/K

1.2. Manipulation

- Le capteur étant supposé linéaire, mesurer sa sensibilité propre et son décalage de zéro grâce à un montage adéquat et les comparer aux spécifications du constructeur. On prendra successivement comme points de consigne du calibrateur : la température ambiante, puis aux environs de +40, +50, +60 °C .
- Calculer et construire un montage de mesure fournissant une tension proportionnelle à la température en °C, de sensibilité 10 mV/°C. En vérifier l'étalonnage en quelques points de la gamme et indiquer les résultats.

2. Thermistance

Les thermistances sont des capteurs de température résistifs caractérisés par une grande sensibilité et une forte non-linéarité.

Une linéarisation approchée dans un domaine restreint de température est possible. On la réalise en mettant en parallèle sur la résistance R_c du capteur une résistance de linéarisation R qu'il s'agit de déterminer par le calcul. On désignera par $R_l = R_c/R$ la résistance de la sonde ainsi linéarisée.

2.1. Principe

Les courbes R_c en fonction de θ et R_l en fonction de R_c présentent des non-linéarités de sens opposés. Il est donc possible qu'elles se compensent dans un domaine restreint de température $\theta_1 < \theta < \theta_2$, de sorte que $R_l = f(\theta)$ est quasi-linéaire dans ce domaine.

2.2 Méthode

On calcule R de sorte que : $R_l\left(\frac{\theta_1+\theta_2}{2}\right) = \frac{1}{2}[R_l(\theta_1)+R_l(\theta_2)]$. En déduire :

$$R = \frac{2.R_c(60).R_c(40) - R_c(50).[R_c(40)+R_c(60)]}{2.R_c(50)-R_c(40)-R_c(60)}$$

Calculer la valeur de R pour votre thermistance, câblez, et vérifiez votre linéarisation :

ce qui implique que la courbe $R_l = f(\theta)$ présente un point d'inflexion à $\frac{\theta_1+\theta_2}{2}$

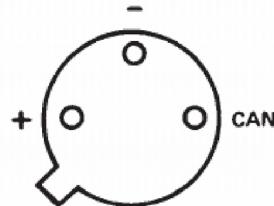
2.3. Manipulation

- Etalonner la thermistance pour : la température ambiante, et aux environs de +40, +50, +60 °C
- Tracer la courbe.
- Calculer R pour une linéarisation entre $\theta_1 = 40^\circ\text{C}$ et $\theta_2 = 60^\circ\text{C}$.
- Câbler et vérifier pour des températures entre 40°C et 60°C.

FEATURES

Linear Current Output: 1 μ A/K
Wide Range: -55°C to +150°C
Probe Compatible Ceramic Sensor Package
Two Terminal Device: Voltage In/ Current Out
Laser Trimmed to $\pm 0.5^\circ\text{C}$ Calibration Accuracy (AD590M)
Excellent Linearity: $\pm 0.3^\circ\text{C}$ Over Full Range (AD590M)
Wide Power Supply Range: +4 V to +30 V
Sensor Isolation from Case
Low Cost

PIN DESIGNATIONS



BOTTOM VIEW

PRODUCT DESCRIPTION

The AD 590 is a two-terminal integrated circuit temperature transducer that produces an output current proportional to absolute temperature. For supply voltages between +4 V and +30 V the device acts as a high impedance, constant current regulator passing 1 μ A/K. Laser trimming of the chip's thin-film resistors is used to calibrate the device to 298.2 μ A output at 298.2K (+25°C).

The AD 590 should be used in any temperature sensing application below +150°C in which conventional electrical temperature sensors are currently employed. The inherent low cost of a monolithic integrated circuit combined with the elimination of support circuitry makes the AD 590 an attractive alternative for many temperature measurement situations. Linearization circuitry, precision voltage amplifiers, resistance measuring circuitry and cold junction compensation are not needed in applying the AD 590.

In addition to temperature measurement, applications include temperature compensation or correction of discrete components, biasing proportional to absolute temperature, flow rate measurement, level detection of fluids and anemometry. The AD 590 is available in chip form making it suitable for hybrid circuits and fast temperature measurements in protected environments.

The AD 590 is particularly useful in remote sensing applications. The device is insensitive to voltage drops over long lines due to its high impedance current output. Any well insulated twisted pair is sufficient for operation hundreds of feet from the receiving circuitry. The output characteristics also make the AD 590 easy to multiplex: the current can be switched by a CMOS multiplexer or the supply voltage can be switched by a logic gate output.

REV. B

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

PRODUCT HIGHLIGHTS

1. The AD 590 is a calibrated two terminal temperature sensor requiring only a dc voltage supply (+4 V to +30 V). Costly transmitters, filters, lead wire compensation and linearization circuits are all unnecessary in applying the device.
2. State-of-the-art laser trimming at the wafer level in conjunction with extensive final testing ensures that AD 590 units are easily interchangeable.
3. Superior interface rejection results from the output being a current rather than a voltage. In addition, power requirements are low (1.5 mW s@ 5 V @ +25°C.) These features make the AD 590 easy to apply as a remote sensor.
4. The high output impedance ($>10 \text{ M}\Omega$) provides excellent rejection of supply voltage drift and ripple. For instance, changing the power supply from 5 V to 10 V results in only a 1 μ A maximum current change, or 1°C equivalent error.
5. The AD 590 is electrically durable: it will withstand a forward voltage up to 44 V and a reverse voltage of 20 V. Hence, supply irregularities or pin reversal will not damage the device.

AD590- SPECIFICATIONS (@ +25°C and $V_s = +5$ V unless otherwise noted)

Model	AD590J			AD590K			Units
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS							
Forward Voltage (E+ or E-)		+44			+44		Volts
Reverse Voltage (E+ to E-)		-20			-20		Volts
Breakdown Voltage (Case E+ or E-)		± 200			± 200		Volts
Rated Performance Temperature Range ¹	-55	+150		-55	+150		°C
Storage Temperature Range ¹	-65	+155		-65	+155		°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)		+300			+300		°C
POWER SUPPLY							
Operating Voltage Range	+4	+30		+4	+30		Volts
OUTPUT							
Nominal Current Output @ +25°C (298.2K)		298.2			298.2		μA
Nominal Temperature Coefficient	1	±5.0		1	±2.5		$\mu A/K$
Calibration Error @ +25°C							°C
Absolute Error (Over Rated Performance Temperature Range)							
Without External Calibration Adjustment		±10			±5.5		°C
With +25°C Calibration Error Set to Zero		±3.0			±2.0		°C
Nonlinearity		±1.5			±0.8		°C
Repeatability ²		± 0.1			± 0.1		°C
Long-Term Drift ³		± 0.1			± 0.1		°C
Current Noise		40			40		pA/\sqrt{Hz}
Power Supply Rejection							
$+4 V \leq V_s \leq +5 V$		0.5			0.5		$\mu A/V$
$+5 V \leq V_s \leq +15 V$		0.2			0.2		$\mu V/V$
$+15 V \leq V_s \leq +30 V$		0.1			0.1		$\mu A/V$
Case Isolation to Either Lead		10^{10}			10^{10}		Ω
Effective Shunt Capacitance		100			100		pF
Electrical Turn-On Time		20			20		μs
Reverse Bias Leakage Current ⁴ (Reverse Voltage = 10 V)		10			10		pA
PACKAGE OPTIONS							
TO-52 (H-03A)		AD 590JH			AD 590KH		
Flatpack (F-2A)		AD 590JF			AD 590KF		

NOTES

¹The AD 590 has been used at -100°C and +200°C for short periods of measurement with no physical damage to the device. However, the absolute errors specified apply to only the rated performance temperature range.

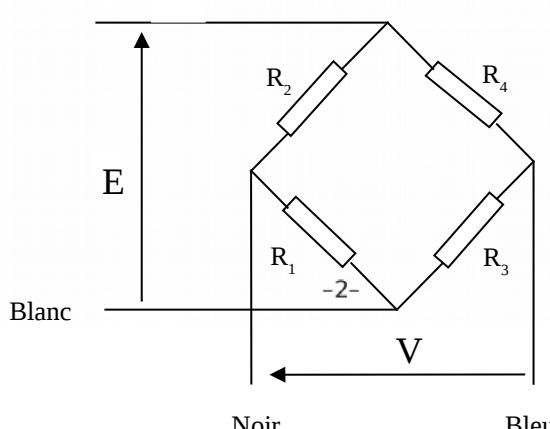
²Maximum deviation between +25°C readings after temperature cycling between -55°C and +150°C; guaranteed not tested.

³Conditions: constant +5 V, constant +125°C; guaranteed, not tested.

⁴Leakage current doubles every 10°C.

Specifications subject to change without notice.

Specifications shown in **boldface** are tested on all production units at final electrical test. Results from those tests are used to calculate outgoing quality levels. All min and max specifications are guaranteed, although only those shown in **boldface** are tested on all production units.



REV. B

TP 4 : CAPTEUR DE PESAGE PAR JAUGES EXTENSIOMETRIQUES

BUT DE LA MANIPULATION :

Etude d'un capteur de force à jauge extenso métriques destiné au pesage industriel.
Etalonnage, compensation d'offset et lecture directe.

MATERIEL SPECIFIQUE :

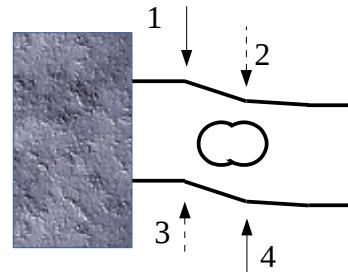
- Capteur BEF-F5 de portée 5kg avec plateau,
- Masses marquées,
- Alimentation variable
- Multimètre de précision

PRINCIPE DE LA MESURE

Le capteur de pesage est constitué d'une double lame en flexion dont une extrémité est encastrée sur une potence. La force de pesage (ici le poids d'une masse donnée) est appliquée sur l'extrémité libre de la lame provoquant sa déformation et celle des 4 jauge qui en sont solidaires comme l'indique la figure ci-dessous. La déformation des jauge entraîne la variation de leur résistance dont la mesure permet de déterminer la masse pesée.

ETUDE DU CAPTEUR

Le corps d'épreuve présente 4 zones de déformations optimales notées 1,2,3 et 4. Les zones 1 et 4 sont en traction (déformation positive) et les zones 2 et 3 en compression (déformation négative). Les jauge collées sur ces zones présentent des variations de résistance électricque proportionnelles et de même signe.



En effet, les jauge extenso métriques sont des capteurs résistifs dont la variation relative de résistance $\frac{\Delta R}{R}$ est proportionnelle à la déformation relative subie $\frac{\Delta l}{l}$, soit :

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta l}{l} = S \cdot m$$

K étant le facteur de jauge, m la masse pesée et S la sensibilité propre du capteur.

K est de l'ordre de quelques unités dans le cas capteurs résistifs métalliques.

Le pré conditionnement des capteurs est assuré par une configuration en pont de Wheatstone, la disposition des différents éléments résistifs R_i du second schéma correspondant aux emplacements n°i du corps d'épreuve.

PREPARATION

Les mesures à faire sont des **mesures de précision**. Ne pas oublier de faire ou refaire le zéro du multimètre s'il y a lieu.

Le capteur sera alimenté avec une tension E d'environ 9 V. Pourquoi faut-il la mesurer avec exactitude en charge ?

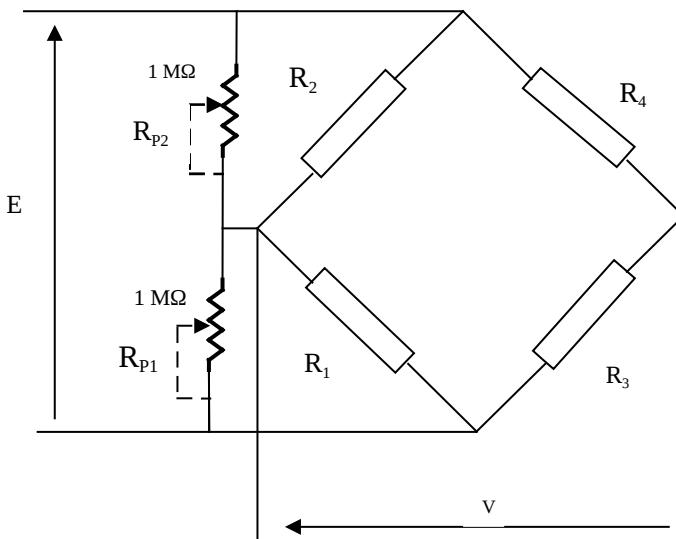
1. Mesures préliminaires, à température ambiante, et sur le capteur **non alimenté** et à vide. Comment peut-on déterminer la résistance des jaugees configurées en pont de Wheatstone entier ?

2. Détermination de la sensibilité propre S et du décalage V_0 du capteur définis par :

$$V_m = E.S.m + V_0$$

Quelles mesures faut-il faire ? quel est l'intérêt d'utiliser la sensibilité propre ? Quel inconvénient est du au décalage V_0 ?

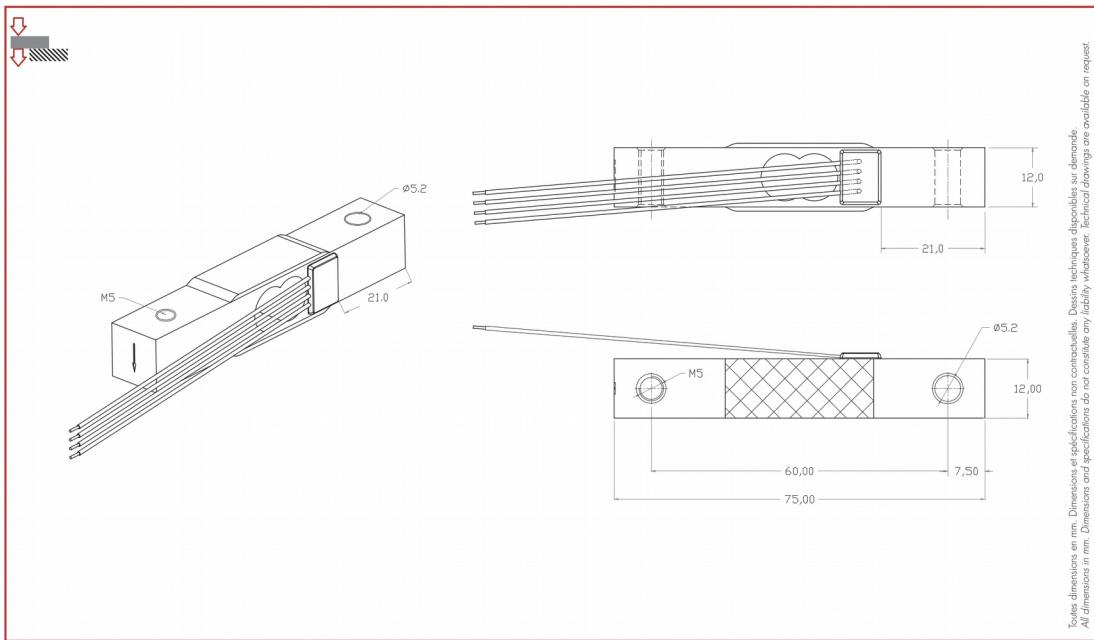
3. Comment peut-on compenser le décalage ? Déterminer l'emplacement (R_{P1} et/ou R_{P2}) et la valeur d'une résistance parallèle de compensation en fonction de V_0 tel qu'indiqué sur la figure ci-dessous. Dans quel cas faut-il utiliser une ou deux résistances ?



BEF-F
3 kg ... 5 kg



- Construction en aluminium
- Classe de précision : 0.1 %
- Compact et simple à implanter
- Idéal pour les applications de pesage ou de mesure d'effort à faible coût
- Excentration de charge compensée
- Aluminum construction
- Accuracy class: 0.1 %
- Compact and easy to install
- Ideally suited for low cost weighing and force measurement applications
- Off-center load compensated



Câblage - Wiring			
+ alim.	+ signal	- signal	- alim.
+ excit.	+ signal	- signal	- excit.
rouge	noir	bleu	blanc
red	black	blue	white



BEF-F

3 kg ... 5 kg

Caractéristiques - Specifications

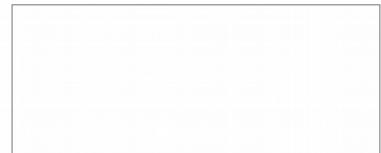
MÉTROLOGIQUES	METROLOGICAL	
Capacité nominale (Cn)	Rated capacity (Cn)	3, 5 kg
Erreur combinée	Combined error	±0.1 %Cn
Effet de la temp. sur le zéro	Temperature effect on zero	±0.1 %Cn/°C
Effet de la temp. sur la sensibilité	Temperature effect on sensitivity	±0.015 %Cn/°C
Fluage (30 min.)	Creep error (30 min.)	±0.1 %Cn
Taille de plateau maximum	Maximum platform size	150 x 150 mm
MÉTROLOGIE LÉGALE OIML R60	LEGAL METROLOGY OIML R60	
Classe de précision	Accuracy class	-
Capacité maximale (Emax)	Maximum capacity (Emax)	- kg
Nombre max. d'échelons (nmax)	Max. number of LC intervals (nmax)	- d OIML
Échelon de vérification min. (vmin)	Minimum verification interval (vmin)	- kg
Z=Emax/(2xDR)	Z=Emax/(2xDR)	-
ÉLECTRIQUES	ELECTRICAL	
Plage de tension d'alimentation	Nominal range of excitation voltage	1 ... 15 V
Sensibilité nominale à Cn	Rated output at Cn	1.35 ±15% mV/V
Plage de zéro initial	Zero balance	±1 mV/V
Résistance d'entrée/sortie	Input/output resistance	1 090 ±25 / 1 000 ±25 Ω
Résistance d'isolement	Insulation resistance	1 000 MΩ/50V
GÉNÉRALES	GENERAL	
Plage de temp. compensée	Compensated temperature range	+10 ... +40 °C
Plage de temp. de fonctionnement	Service temperature range	-20 ... +60 °C
Charge limite admissible	Safe load limit	150 %Emax
Charge ultime avant rupture	Ultimate overload	200 %Emax
Couple de serrage	Tightening torque	~5 Nm
Degré de protection	Protection class	IP60 EN 60529
Matière	Material	
Corps d'épreuve	Measuring body	Aluminium - Aluminum
Presse étoupe	Cable gland	
Gaine de câble	Cable sheath	
Longueur du câble	Cable length	0,18 m
Poids net	Net weight	22 g

Options - Options

Accessoires - Accessoires



Siège Social - Headquarter: Technosite Altéa - 294, Rue Georges Charpak - 74100 JUJUVIGNY - FRANCE
 SCAIME SAS - 294, RUE GEORGES CHARPAK - CS 50501 - 74105 ANNEMASSE CEDEX - FRANCE
 Tél. : +33 (0)4 50 87 78 64 - Fax : +33 (0)4 50 87 78 46 - info@scaime.com - www.scaime.com
 Téléchargez tous nos documents sur notre site internet - Download all our documents on our website



TP 5 : MESURES DE R EN 4 FILS

ERREURS D'AUTOECHAUFFEMENT

MATERIEL SPECIFIQUE :

- Sonde RPT100 :

1. Mesure de résistance en "4 FILS"

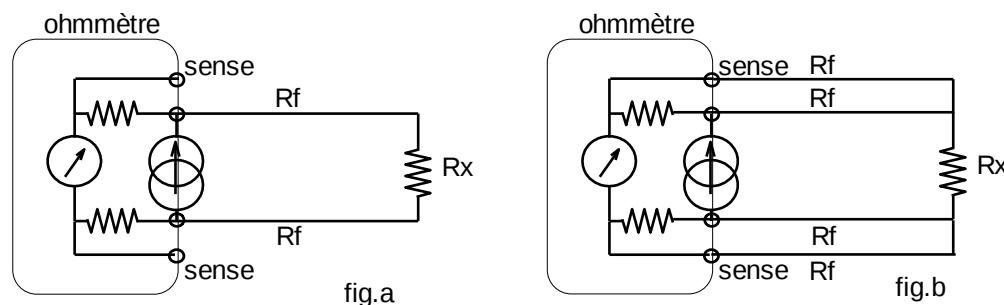
a. Principe

Cette méthode permet de s'affranchir de la résistance des fils de liaison et est donc à utiliser lorsque celle-ci n'est pas négligeable devant la résistance à mesurer. Si R_x désigne la résistance à mesurer et R_f celle d'un des fils de liaison (supposés tous identiques) :

en "2 fils" (fig.a), on mesure $R_x + 2R_f$

en "4 fils" (fig.b), on mesure R_x .

Expliquer pourquoi.



n.b. : Les résistances additionnelles ($\sim 100 \text{ k}\Omega$) situées entre les bornes du ohmmètre et les bornes « sense » n'interviennent pas car elles sont d'une part très supérieures à R_i , et d'autre part très inférieures à la résistance d'entrée du voltmètre.

1.2 Manipulation.

4. Court-circuiter les entrées de l'appareil de mesure pour "faire le zéro" de l'ohmmètre.
5. En utilisant des fils de mesure de 1 mètre tous identiques mesurer $R_x + 2R_f$ en opérant "en 2 fils" (fig. a), puis mesurer ensuite R_x en opérant "en 4 fils". Indiquer:
 - la vraie valeur de R_x
 - la valeur de R_f déduite des mesures précédentes
 - les erreurs absolue et relative que l'on ferait en utilisant la mesure 2 fils de la fig.a sans discernement, c'est-à-dire en croyant mesurer R_x alors que l'on mesure $R_x + 2R_f$
 - la valeur de R_x obtenue par une mesure directe aux bornes de l'appareil (donc sans fils de mesure)

Avec un appareil tel que le DMM 2000, on peut cependant faire une mesure précise en 2 fils à condition de prendre en compte les fils de liaison quand on fait le zéro de l'ohmmètre. Indiquer la valeur de R_x mesurée "en 2 fils" dans ces conditions et la comparer à celle précédemment obtenue.

Quelle méthode préférer dans une ambiance propre (laboratoire) ou difficile (mesure industrielle) ?

Sur la gamme 1 kΩ, quelle serait la valeur maximale admissible de R_f pour que l'erreur sur la mesure d'une résistance de l'ordre de 100 Ω reste admissible même dans le cas d'une mesure en 2 fils non compensés.

2. Autoéchauffement d'un capteur résistif de température.

2.1 Théorie

Soit T_{Ci} la température du capteur traversé par le courant I et T_C la température (inconnue) qu'aurait le capteur en l'absence de I : la différence T_{Ci} - T_C est l'erreur due à l'autoéchauffement.

On notera dans la suite les conductances thermiques par G et les résistances **thermiques** par Z, affectées des indices des milieux concernés : C: capteur X: milieu étudié A: milieu ambiant.

T_{Ci} résulte de 3 apports de puissance :

G_{XC}(T_X-T_{Ci}) venant du milieu étudié à la température T_X

G_{AC}(T_A-T_{Ci}) venant du milieu ambiant à la température T_A

R_{Ci}I²: effet Joule (R_{Ci} = Résistance **électrique** du capteur à T_{Ci})

Montrer que l'on peut écrire, à l'équilibre thermique :

$$T_{Ci} = \frac{G_{XC} T_X + G_{AC} T_A + R_{Ci} I^2}{G_{XC} + G_{AC}}$$

Dans la suite, on négligera G_{AC} devant G_{XC}.

Montrer que l'erreur due à l'autoéchauffement peut alors s'écrire :

$$T_{Ci} - T_X = Z_{XC} R_{Ci} I^2$$

Il faut évaluer cette erreur, pour corriger au besoin la courbe d'étalonnage dans les conditions d'utilisation du capteur. Comme le constructeur ne fournit pas forcément la valeur de Z_{XC} dans ces conditions particulières, on réalise deux mesures successives sur le capteur in situ, pour deux courants de mesure I₁ et I₂, et pour la même température du milieu. Des couples de valeurs de R_{C1}, T_{C1} et R_{C2}, T_{C2} qui en résultent on déduit pour tout courant de mesure I :

$$Z_{XC} = \frac{T_{C2} - T_{C1}}{R_{C2} I_2^2 - R_{C1} I_1^2}; \quad T_{Ci} - T_X = Z_{XC} R_{Ci} I^2 = \left(\frac{T_{C2} - T_{C1}}{R_{C2} I_2^2 - R_{C1} I_1^2} \right) \cdot R_{Ci} I^2$$

Autre façon de considérer les choses : si l'on admet que le coefficient de température h de la résistance thermométrique est constant entre les températures T_{C1} et T_{C2}, on peut écrire :

$$\begin{aligned} R_{C1} &= R_C (1 + h \cdot (T_{C1} - T_X)) \quad \text{avec} \quad T_{C1} - T_X = Z_{XC} \cdot R_{C1} \cdot I_1^2 \\ R_{C2} &= R_C (1 + h \cdot (T_{C2} - T_X)) \quad \text{avec} \quad T_{C2} - T_X = Z_{XC} \cdot R_{C2} \cdot I_2^2 \end{aligned}$$

On peut en déduire la valeur de R_C à I nul, puis celle de T_C, qui est assimilée à T_X dès lors que G_{AC} est négligée :

$$R_C = \frac{(n^2 - 1) R_{C1} R_{C2}}{n^2 R_{C2} - R_{C1}} \quad \text{où} \quad n = \frac{I_2}{I_1}$$

2.2 Manipulation.

Brancher la sonde Pt100 en série avec la résistance R_x que vous avez caractérisée dans la première partie. Alimenter avec une tension continue $E = E_1$ de **1 V** dans un premier temps comme indiqué sur la figure 2.

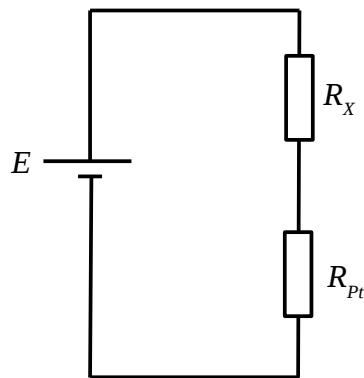


Fig2.

En mesurant la tension V_{x1} , déterminer le courant I_1 qui traverse les deux résistances et en mesurant V_{c1} (la tension aux bornes de la sonde Pt100) la résistance $R_{pt} = R_{c1}$. Répéter l'opération pour une tension $E = E_2 = \mathbf{9V}$ pour déterminer I_2 et R_{c2} .

A partir de vos deux séries de mesures, déduire :

- les températures T_{c1} et T_{c2} de la sonde Pt100 obtenues lorsque la sonde est parcourue par un courant I_1 et I_2 respectivement
- la résistance thermique Z_{xc}
- l'erreur d'autoéchauffement comise lors d'une mesure de la sonde sous les courants I_1 et I_2
- la température exacte T_x du milieu et la valeur R_c de la sonde qui lui correspond.

Comparer cette valeur à celle mesurée directement par le DMM2000 utilisé en ohmmètre et estimer la valeur du courant délivré par le DMM2000 en mode ohmètre.

Tableau de variation de R_{Pt100} (en Ω) en fonction de la température θ (en $^{\circ}\text{C}$).

θ	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9
0	100,00	100,39	100,78	101,17	101,56	101,94	102,33	102,72	103,11	103,59
+10	103,89	104,28	104,67	105,06	105,45	105,84	106,23	106,62	107,01	107,40
+20	107,79	108,18	108,57	108,95	109,34	109,73	110,12	110,51	110,89	111,28
+30	111,67	112,06	112,44	112,83	113,22	113,60	113,99	114,38	114,77	115,15
+40	115,54	115,93	116,31	116,70	117,08	117,47	117,86	118,24	118,63	119,01
+50	119,40	119,78	120,16	120,55	120,93	121,32	121,70	122,09	122,47	122,86

2000

6½-Digit Multimeter

DC Characteristics

Conditions: MED (1 PLC)¹ or SLOW (10 PLC)
or MED (1 PLC) with filter of 10

Accuracy: $\pm(\text{ppm of reading} + \text{ppm of range})$
(ppm = parts per million)
(e.g., 10ppm = 0.001%)

Function	Range	Resolution	Test Current or Burden Voltage (±5%)	Input Resistance	Temperature Coefficient 0°–18°C and 28°–50°C		
					24 Hour ¹⁴ 23°C ± 1°	90 Day 23°C ± 5°	1 Year 23°C ± 5°
Voltage	100.0000 mV	0.1 µV	> 10 GΩ	> 10 GΩ	30 + 30	40 + 35	50 + 35
	1.000000 V	1.0 µV			15 + 6	25 + 7	30 + 7
	10.00000 V	10 µV			15 + 4	20 + 5	30 + 5
	100.0000 V	100 µV			15 + 6	30 + 6	45 + 6
Resistance ¹⁵	100.0000 Ω	100 µΩ	1 mA	1 mA	30 + 30	80 + 40	100 + 40
	1.000000 kΩ	1 mΩ			20 + 6	80 + 10	100 + 10
	10.00000 kΩ	10 mΩ			20 + 6	80 + 10	100 + 10
	100.0000 kΩ	100 mΩ			20 + 6	80 + 10	100 + 10
	1.000000 MΩ ^b	1 Ω			20 + 6	80 + 10	100 + 10
	10.00000 MΩ ^{11,16}	10 Ω			150 + 6	200 + 10	400 + 10
	100.0000 MΩ ^{11,16}	100 Ω			800 + 30	1500 + 30	1500 + 30
Current	10.00000 mA	10 nA	< 0.15 V	1 mA	60 + 30	300 + 80	500 + 80
	100.0000 mA	100 nA			100 + 300	300 + 800	500 + 800
	1.000000 A	1 µA			200 + 30	500 + 80	800 + 80
	3.000000 A	10 µA			1000 + 15	1200 + 40	1200 + 40
Continuity 2W	1 kΩ	100 mΩ	< 1 V	1 mA	40 + 100	100 + 100	120 + 100
Diode Test	3.00000 V	10 µV	1 mA	100 µA	20 + 6	30 + 7	40 + 7
	10.00000 V	10 µV	100 µA		20 + 6	30 + 7	40 + 7
	100.0000 V	10 µV	10 µA		20 + 6	30 + 7	40 + 7

DC OPERATING CHARACTERISTICS²

Function	Digits	Readings/s	PLCs ⁸
DCV (all ranges), DCI (all ranges), and Ohms (<10M range)	6½ ^{3,4}	5	10
	6½ ^{3,7}	30	1
	6½ ^{3,5}	50	1
	5½ ^{3,5}	270	0.1
	5½ ⁵	500	0.1
	5½ ⁵	1000	0.04
	4½ ⁵	2000	0.01

SPEED AND NOISE REJECTION

Rate	Readings/s	Digits	RMS Noise 10V		
			Range	NMRR ¹²	CMRR ¹³
10 PLC	5	6½	< 1.5 µV	60 dB	140 dB
1 PLC	50	6½	< 4 µV	60 dB	140 dB
0.1 PLC	500	5½	< 22 µV	—	80 dB
0.01 PLC	2000	4½	< 150 µV	—	80 dB

DC NOTES

- Add the following to "ppm of range" uncertainty: 1V and 100V, 2ppm; 100mV, 15ppm; 10Ω, 15ppm; 1kΩ-<1MΩ, 2ppm; 10mA and 1A, 10ppm; 100mA, 40ppm.
- Speeds are for 60Hz operation using factory default operating conditions (*RST). Autorange off, Display off, Trigger delay = 0.
- Speeds include measurement and binary data transfer out the GPIB.
- Auto zero off.
- Sample count = 1024, auto zero off.
- Auto zero off, NPLC = 0.01.
- Ohms = 24 readings/second.
- 1 PLC = 16.67ms @ 60Hz, 20ms @ 50Hz/400Hz. The frequency is automatically determined at power up.
- For signal levels >500V, add 0.02ppm/V uncertainty for the portion exceeding 500V.
- Add 120ms for ohms.
- Must have 10% matching of lead resistance in Input HI and LO.
- For line frequency ±0.1%.
- For 1kΩ unbalance in LO lead.
- Relative to calibration accuracy.
- Specifications are for 4-wire ohms. For 2-wire ohms, add 1Ω additional uncertainty.
- For rear inputs, add the following to temperature coefficient "ppm of reading" uncertainty: 10MΩ, 95ppm, 100MΩ, 900ppm. Operating environment specified for 0° to 50°C and 50% RH at 35°C.

DC SYSTEM SPEEDS^{2,6}RANGE CHANGE³: 50/s.FUNCTION CHANGE⁴: 45/s.AUTORANGE TIME^{3,10}: <30ms.

ASCII READINGS TO RS-232 (19.2 K BAUD): 55/s.

MAX. INTERNAL TRIGGER RATE: 2000/s.

MAX. EXTERNAL TRIGGER RATE: 400/s.

DC GENERAL

LINEARITY OF 10VDC RANGE: ±(1ppm of reading + 2ppm of range).

DCV, Ω, TEMPERATURE, CONTINUITY, DIODE TEST INPUT PROTECTION: 1000V, all ranges.

MAXIMUM 4WC2 LEAD RESISTANCE: 10% of range per lead for 100Ω and 1kΩ ranges; 1kΩ per lead for all other ranges.

DC CURRENT INPUT PROTECTION: 3A, 250V fuse.

SHUNT RESISTOR: 0.1Ω for 3A, 1A, and 100mA ranges, 10Ω for 10mA range.

CONTINUITY THRESHOLD: Adjustable 1Ω to 1000Ω.

AUTOZERO OFF ERROR: Add ±(2ppm of range error + 5µV) for <10 minutes and ±1°C change.

OVERRANGE: 120% of range except on 1000V, 3A, and diode.