



Les capteurs



Sommaire

1	Problématique.....	2
2	Généralités.....	2
2.1	Définition.....	2
2.2	Structure et fonction principale d'un capteur.....	2
3	Classification des capteurs.....	3
3.1	Selon le type de grandeur électrique mesurable.....	3
3.2	Selon le type de signal électrique.....	4
4	Application.....	5
5	Caractéristiques d'un capteur.....	5
6	Exemples de conditionneur.....	6
6.1	Cas d'une thermistance.....	6
6.2	Cas d'un capteur à jauge d'extensométrie.....	7
7	Extrait de documentation technique.....	9
7.1	LM35.....	9
7.2	Thermistance CTN (Coefficient de Température Négatif).....	10

1 Problématique

Les systèmes numériques communicants ont très souvent besoin de fournir des informations propres à un environnement donné. Par exemple dans le cas d'une ruche connectée, l'apiculteur voudra savoir de n'importe quel endroit :

- la masse de la ruche ;
- le taux d'humidité et la température à l'intérieur de la ruche ;
- le nombre d'allées et venues des abeilles ;
- si des frelons s'attaquent à la ruche, etc.



Il est donc nécessaire d'équiper la ruche de capteurs qui devront respecter les contraintes propres à la ruche (site isolé ou éloigné, plage de température, exposition à la pluie) et répondre au besoin de l'apiculteur en termes de précision.

2 Généralités

2.1 Définition

.....

.....

.....

2.2 Structure et fonction principale d'un capteur

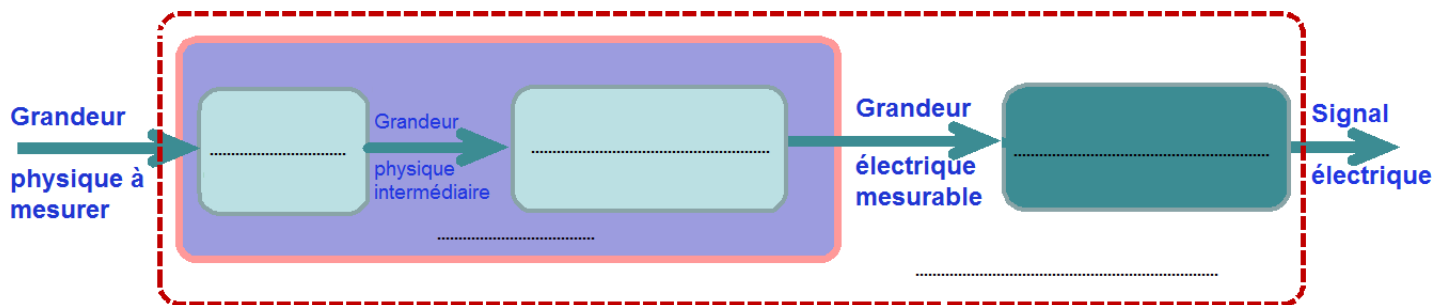


Figure 1 : structure d'un capteur

Un capteur est constitué :

- ⚡ du corps d'épreuve : c'est l'élément mécanique qui réagit directement à la grandeur à mesurer (mesurande).
- ⚡ du transducteur : c'est l'élément lié au corps d'épreuve et qui traduit la grandeur physique intermédiaire reçue en une grandeur électrique mesurable (résistance, capacité, fréquence, etc).
- ⚡ du conditionneur : circuit électronique qui traite la grandeur mesurable et délivre un signal électrique exploitable par une unité de traitement numérique.



Le conditionneur est souvent intégré dans le même boîtier que le capteur : l'ensemble forme alors un **capteur intégré**.

Les capteurs

Sur la figure suivante, placer les éléments suivants (bobine - signal électrique - onde sonore - aimant - membrane) puis identifier le corps d'épreuve et le transducteur :

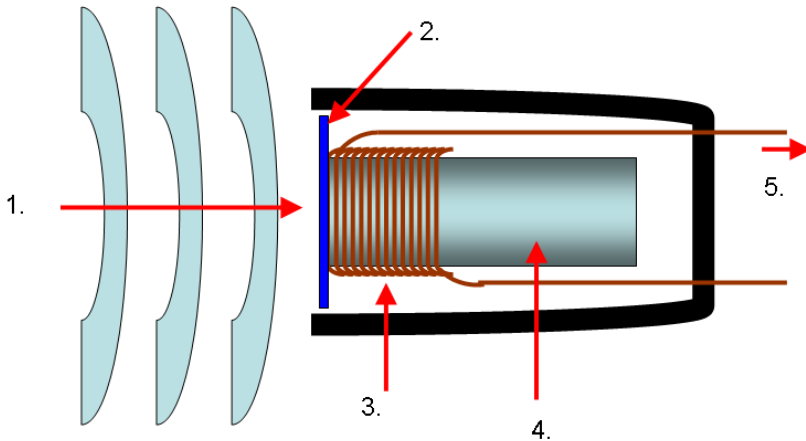


Figure 3 : microphone électrodynamique



Figure 2 : micro dynamique idéal pour les voix radio et les amplis guitares

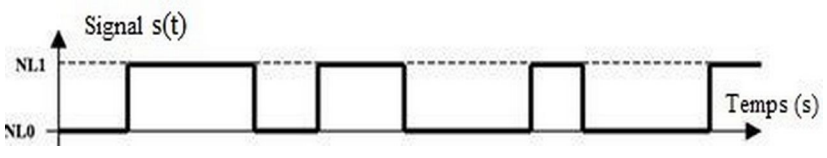
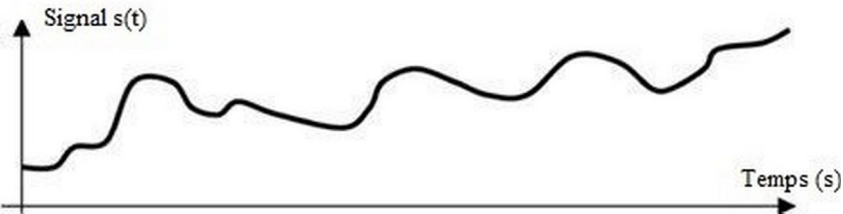
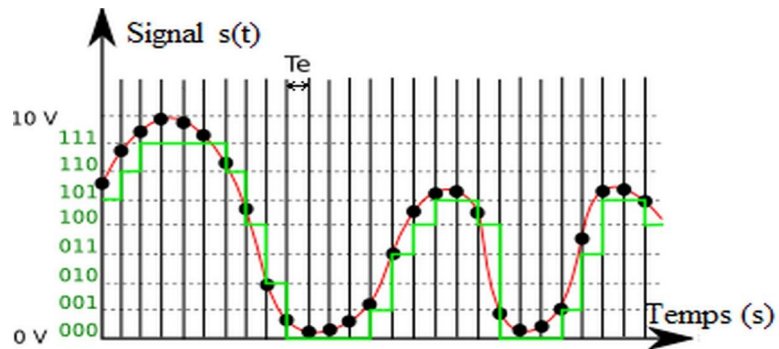
3 Classification des capteurs

3.1 Selon le type de grandeur électrique mesurable

Type	Propriété	Exemples
Actif	Il faudra bien souvent quand même traiter le signal électrique (filtrage, amplification)	
Passif	La grandeur physique à mesurer agit sur la géométrie ou sur les propriétés du transducteur. ⚠ Les capteurs passifs nécessitent une source d'énergie électrique.	

3.2 Selon le type de signal électrique

Les **capteurs intégrés** sont tout naturellement classés en fonction du type de signal électrique $s(t)$ qu'il délivre :

Type de capteur	Signal électrique $s(t)$ délivré en sortie
_____	
_____	
_____	



La tendance est aux capteurs dits « intelligents » intégrant dans le même boîtier un microprocesseur qui :

-
-
-
-
-
-
-



Exemple : le BMP180 est un capteur « intelligent » de pression et de température intégrant une liaison I2C esclave.

Figure 4 : BMP180 de chez Bosh Sensortech

4 Application

À partir de la documentation du capteur LM35 en annexe, répondez aux questions :

Q1. Quelle est la grandeur physique mesurée ?

Q2. De quel type de capteur intégré s'agit-il ?

Q3. Dans quel type d'applications est-il utilisé ?

Q4. Peut-il donner une mesure de température négative ? Si, oui proposer un schéma de câblage complet.

Q5. Que vaudra la tension en sortie du LM35 si la température vaut 30°C.

Q6. Dans quelle plage peut se situer la température vraie (réelle) si la tension de sortie du LM35 du montage proposé est égale à 150 mV ?

5 Caractéristiques d'un capteur

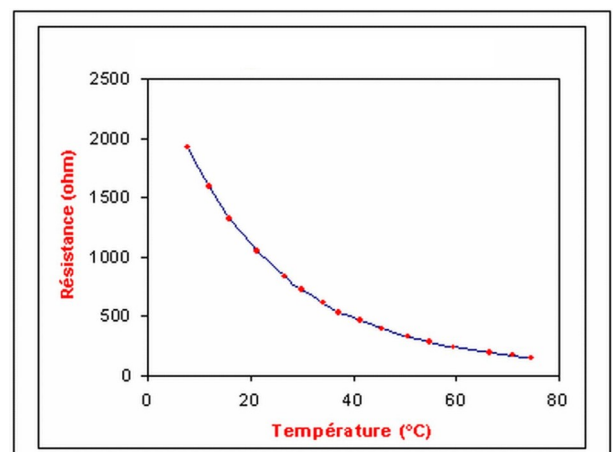
⚡ Rapidité : temps de réaction du capteur en secondes

📏 Étendue de mesure : valeurs extrêmes que peut mesurer le capteur

🔧 Résolution : plus petite variation de la grandeur physique mesurable par un capteur numérique

📌 Courbe caractéristique : représentation graphique de la relation entre la grandeur électrique mesurable et la grandeur physique

- ↳ Précision : plus grande erreur (différence entre la valeur vraie et la mesure) commise sur l'étendue de mesure.

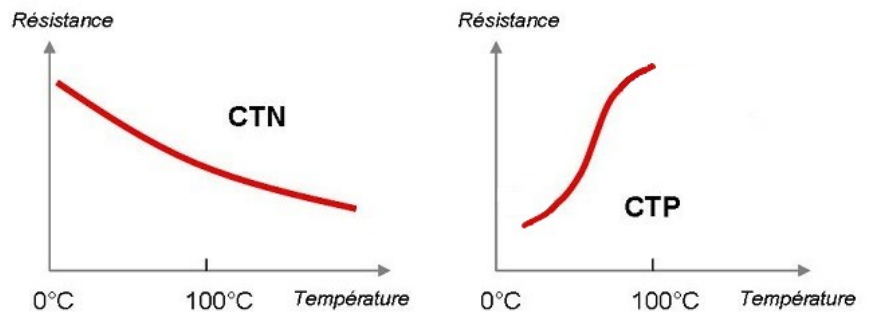


6 Exemples de conditionneur

6.1 Cas d'une thermistance

Une thermistance est un capteur de température (semi-conducteur) dont la résistance varie avec la température. Il en existe deux types :

1. thermistance à coefficient de température positif (CTP - PTC en anglais)
2. thermistance à coefficient de température négatif (CTN - NTC en anglais)



On s'intéresse à la CTN modèle NTCLE213E3103xHyy de chez Vishay (voir annexe).



Q1. S'agit-il d'un capteur actif ou passif ?

Q2. Préciser la valeur de la résistance à 25°C notée R_{25} :

La formule suivante permet de connaître la résistance R_T de la NTC en fonction de la température T en kelvins :

$$R_T = R_{25} e^{B_{25/85} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

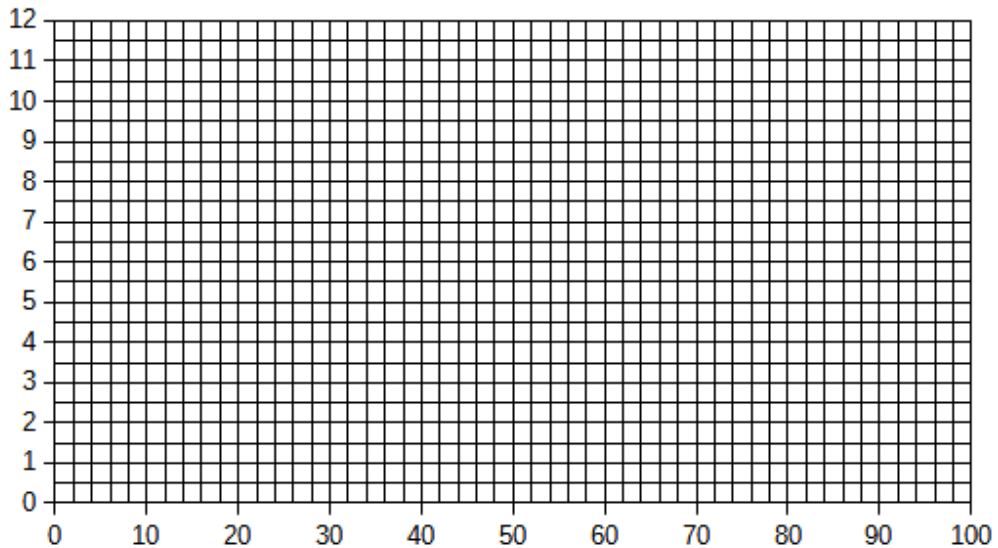
$T_0 = 273,15 + 25 = 298,15$ K (température en kelvins correspondant à 25°C)

T : température en kelvins [K] - rappel : $T[K] = 273,15 + T[°C]$

Q3. Relever dans la documentation la valeur de $B_{25/85}$:

Q4. Calculer la valeur de R_T pour $T = 50°C$ et $T = 85°C$:

Q5. Reporter ces points sur le graphe suivant (les points seront ensuite lissés) et renseigner les axes :

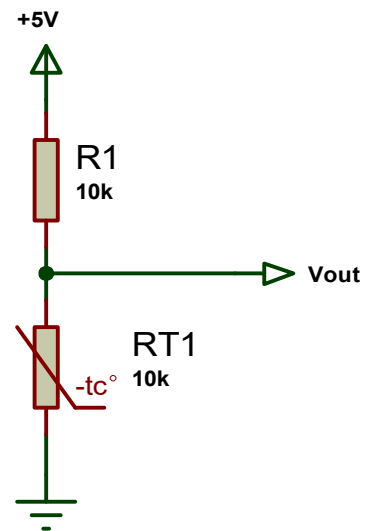


Pour obtenir un signal électrique on utilise le montage ci-contre :

Q6. Comment s'appelle ce type de montage ?

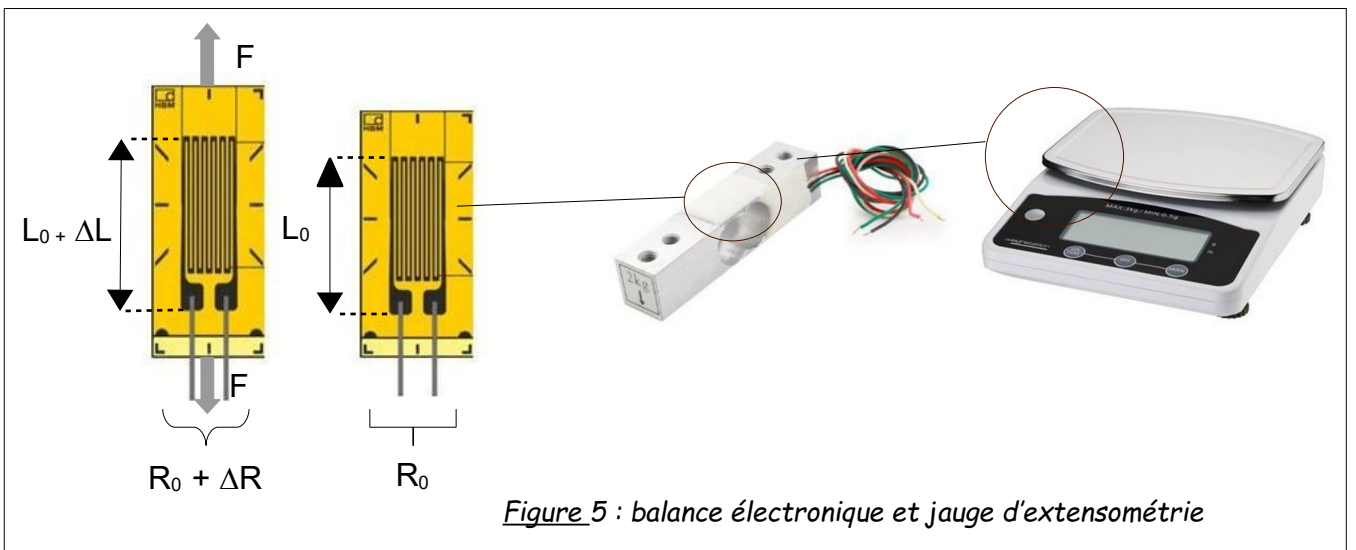
Q7. Calculer les valeurs de V_{out} pour les trois valeurs de températures suivantes : 25, 50 et 85°C.

Q8. En déduire le rôle de ce montage.



6.2 Cas d'un capteur à jauge d'extensométrie

Ces capteurs équipent les balances électroniques à affichage digital. Sous l'action du poids la jauge se déforme (allongement) et sa résistance varie.



Les capteurs

Lorsque la jauge est au repos elle possède une longueur L_0 et une résistance R_0 .

Lors qu'une force s'exerce sur la jauge, la jauge s'allonge d'une quantité ΔL , ce qui provoque l'augmentation de la résistance de la jauge d'une quantité ΔR .

On montre que :

$$\frac{\Delta R}{R_0} = K \cdot \frac{\Delta L}{L_0}$$

K : facteur de jauge (0,5 à 4 pour les jauges métalliques - 2 pour le Constantan)

R_0 : résistance nominale de la jauge

La jauge est placée dans un pont de Wheatstone :

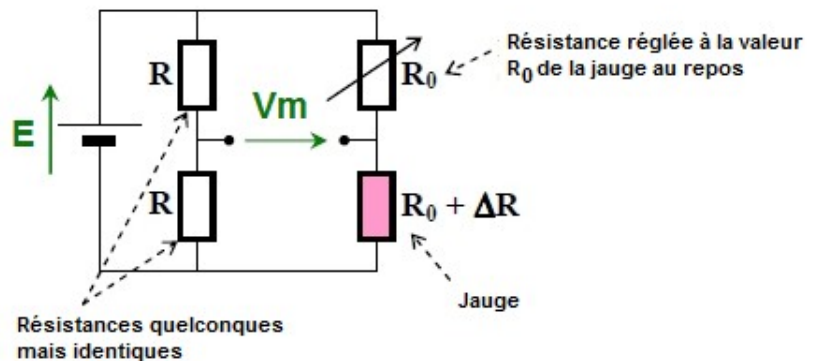


Figure 6: conditionnement par pont de Wheatstone

On montre que si les variations ΔR sont petites devant R_0 , on a :

$$V_m = \frac{\Delta R}{4 R_0} \cdot E$$

Q1. Calculer la valeur de la tension V_m lorsque la balance est au repos.

Un étalonnage de la balance a permis de déterminer qu'une masse de 2 kg provoque une variation relative de 1,4 % de la résistance de la jauge.

Q2. Calculer la tension V_m lorsque qu'une masse de 2 kg est posée sur la balance sachant que le pont de Wheatstone est alimenté sous $E = 5 \text{ V}$.

Q3. Le constructeur de la balance annonce une masse maximale de 2 kg. V_m peut-elle être appliquée directement à l'entrée d'un CAN 10 bits avec $V_{PE} = 5 \text{ V}$. Sinon pourquoi ?

Q4. Sinon quelle fonction électronique faut-il réaliser.

7 Extrait de documentation technique

7.1 LM35



LM35

SNIS159H—AUGUST 1999—REVISED DECEMBER 2017

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full -55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates From 4 V to 30 V
- Less Than 60-μA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only ±¼°C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances

3 Description

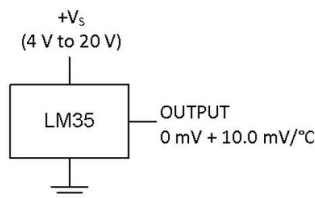
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature devices with an output voltage linearly-proportional to the Centigrade temperature. The LM35 device has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 device does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full -55°C to 150°C temperature range. Lower cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low-output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 device makes interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 device draws only 60 μA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 device is rated to operate over a -55°C to 150°C temperature range, while the LM35C device is rated for a -40°C to 110°C range (-10° with improved accuracy). The LM35-series devices are available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D devices are available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D device is available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

Device Information⁽¹⁾

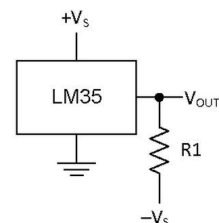
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM35	TO-CAN (3)	4.699 mm × 4.699 mm
	TO-92 (3)	4.30 mm × 4.30 mm
	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TO-220 (3)	14.986 mm × 10.16 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Basic Centigrade Temperature Sensor (2°C to 150°C)



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu A$
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C}$



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

7.2 Thermistance CTN (Coefficient de Température Négatif)



www.vishay.com

NTCLE213E3

Vishay BCcomponents

NTC Thermistor, Epoxy Coated Mini Sensor



FEATURES

- Advanced NTC technology
- Temperature range from -55 °C to +150 °C
- Highly resistant to thermal shocks
- Small body diameter of max. 2.5 mm
- AEC-Q200 qualified
- Fast response time
- High sensitivity
- Delivery in bulk or in tape with extra long leads (for automatic mounting)
- Mounting: radial
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912



RoHS
COMPLIANT

LINKS TO ADDITIONAL RESOURCES



3D Models



Design Tools



SPICE
Models



Related
Documents

QUICK REFERENCE DATA

PARAMETER	VALUE	UNIT
Resistance value at 25 °C	2.1K to 100K	Ω
Tolerance on R_{25} -value	± 1 to ± 5	%
$B_{25/85}$ -value	3511 to 4190	K
Tolerance on $B_{25/85}$ -value	± 0.5 to ± 1.5	%
Operating temperature range	-55 to +150	°C
Response time (63.2 %) 25 °C to 85 °C stirred air (for info)	5	s
Dissipation factor δ in still air (for info)	1.8	mW
Maximum power dissipation at 55 °C	100	mW
Min. dielectric withstanding voltage between terminals and coated body	500	V _{AC}
Insulation resistance at 100 V _{DC}	> 10M	Ω
Weight	≈ 100	mg

APPLICATIONS

Temperature sensing, control and compensation. E.g. inlet air temperature sensing thermistors or ECT in automotive applications, sensor elements in industrial and commercial applications, heating systems and industrial systems.

DESCRIPTION

These negative temperature coefficient thermistors consist of a mini-chip soldered between two tin plated 0.4 mm nickel leads, coated with other colored epoxy lacquer and coded with a color dot.

MOUNTING

Important mounting and handling instructions: see www.vishay.com/doc?29222

The thermistors are suitable for all standard assembly processes like crimping, soldering, welding, and potting into epoxy or silicon resins. The parameters and materials of the assembly process should be chosen in accordance with the lead-wire and coated body and validated in the application. The mounting process should be in compliance with the following guidelines and recommendations:

- Peeling forces on the leads should be reduced to a minimum and should never exceed 3 N. A strain relief tool should be used if needed
- Avoid large temperature gradients between the welding region and the sensor

PACKAGING

- Bulk components are delivered in boxes of 500 components
- Taped components are delivered on a reel of 1500 components (according to IEC 60286-2 but with extra long leads: H0 = 32 mm)

ELECTRICAL DATA AND ORDERING INFORMATION

R_{25} (Ω)	R_{25} -TOL. (± %)	$B_{25/85}$ (K)	$B_{25/85}$ -TOL. (± %)	COLOR DOT (see next page)	SAP MATERIAL AND ORDERING NUMBER ⁽¹⁾
2100	1, 2, 3, 5	3511	1	Orange	NTCLE213E3212xMyy
10 000	1, 2, 3, 5	3435	1	Red	NTCLE213E3103xLyy
10 000	1, 2, 3, 5	3984	0.5	Blue	NTCLE213E3103xHyy
12 000	1, 2, 3, 5	3740	1	Black	NTCLE213E3123xMyy
30 000	1, 2, 3, 5	3935	0.75	Green	NTCLE213E3303xHyy
100 000	1, 2, 3, 5	4190	1.5	Brown	NTCLE213E3104xXyy

Note

- ⁽¹⁾ Replace the x-digit by J for R_{25} -tolerance of 5 %, H for 3 %, G for 2 %, and F for 1 %.
Replace the y-digits by B0 for bulk delivery and by T1 for tape and reel delivery

Revision: 16-Oct-2020

1

Document Number: 29154

For technical questions, contact: nlr@vishay.com

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc?91000