

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION  
AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED SCIENCES  
--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
École Supérieure en  
Sciences Appliquées

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
-تلمسان-

Département de la Formation du Second Cycle

## Polycopié pédagogique

Filières : Automatique & Electrotechnique

Présenté par :

**M. MEGNAFI Hicham** Grade MCA

**M. MERAD Lotfi** Grade Professeur

Titre

**Polycopie des Travaux Pratiques avec Rappel de cours**

**Mesure et instrumentation - Capteurs**

Année universitaire : 2023/2024

---

# École Supérieure En Sciences Appliquées de Tlemcen

Département de la formation du Second Cycle

Filières :Automatique& Electrotechnique

Polycopie des Travaux Pratiquesavec Rappel de cours

---

## Mesure et instrumentation - Capteurs

---

Élabore Par

Dr. MEGNAFI Hicham

Pr. MERAD Lotfi

© Copyright by Dr MEGNAFI Hicham&Pr. LOTFI MERAD, 2024  
All Rights Reserved

# Préface

Ce polycopié de travaux pratiques dédié au module "Mesure et Instrumentation - Capteurs" est spécialement conçu pour les étudiants de 4ème année du cycle ingénieur en spécialités Automatique et Electrotechnique. Il représente une passerelle vers l'univers captivant de la mesure précise et de l'instrumentation, des compétences fondamentales pour tout ingénieur souhaitant maîtriser les systèmes automatisés et complexes.

L'art de la mesure est essentiel dans un monde de plus en plus axé sur les données. De la gestion des processus industriels à la mise en œuvre de systèmes de contrôle avancés, la maîtrise de l'instrumentation et des capteurs est primordiale pour garantir des performances optimales et une prise de décision éclairée. Ce module offre l'opportunité d'explorer les concepts fondamentaux de la mesure, d'apprendre à sélectionner, interconnecter et exploiter des capteurs, ainsi que d'acquérir les compétences nécessaires pour interpréter et utiliser correctement les données mesurées.

Les Travaux Pratiques présentés dans ce recueil sont soigneusement conçus pour guider l'étudiant à travers divers aspects de la mesure et de l'instrumentation. L'étudiant aura l'occasion de manipuler une gamme de capteurs, d'explorer leurs caractéristiques et de comprendre comment ils peuvent être utilisés pour répondre à des besoins spécifiques. Les TP abordent des sujets tels que la mesure de température, de pression, d'humidité, ainsi que l'application des capteurs de lumière dans des systèmes concrets.

Nous sommes convaincus que ce polycopié de Travaux Pratiques enrichira la compréhension de l'instrumentation et des capteurs, tout en fournissant des compétences pratiques indispensables pour la future carrière d'ingénieur en Automatique et Electrotechnique. Nous nous encourageons à immerger pleinement dans ces expériences d'apprentissage interactives et à profiter de cette opportunité d'acquérir des connaissances et des compétences qui seront inestimables.

## Sommaire

Préface.....	iii
Liste des Figures .....	vii
<b>Généralités sur les capteurs.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Introduction aux Capteurs.....</b>	<b>1</b>
<b>I.1 Définitions et Concepts Clés.....</b>	<b>1</b>
<b>I.2 Rôles des Capteurs.....</b>	<b>1</b>
<b>I.3 Importance dans les Applications Industrielles.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Fonctionnement des Capteurs.....</b>	<b>2</b>
<b>II.1 Principe de Conversion de Mesure.....</b>	<b>2</b>
<b>A. Transducteurs et Capteurs.....</b>	<b>2</b>
<b>B. Transduction Électrique, Thermique, Mécanique, Optique, etc. ....</b>	<b>2</b>
<b>III. Capteurs Spécifiques.....</b>	<b>3</b>
<b>III.1 Thermomètre à Résistance de Platine Pt100.....</b>	<b>3</b>
<b>A. Compréhension du Concept de Résistance de Platine.....</b>	<b>3</b>
<b>B. Avantages et Applications du Pt100 dans la Mesure de Température.....</b>	<b>4</b>
<b>III.2 Mesure de Pression avec le Capteur MPX 4250 et Vérification de la Loi <math>P.V = Cte</math>.....</b>	<b>4</b>
<b>A. Introduction au Capteur Piezorésistif MPX 4250.....</b>	<b>4</b>
<b>B. Relation Pression-Volume et son Application Pratique.....</b>	<b>5</b>
<b>III.3 Photorésistance : Mesure de Luminosité.....</b>	<b>6</b>
<b>A. Fonctionnement des Photorésistances dans la Détection de Lumière.....</b>	<b>6</b>
<b>B. Utilisation Pratique dans les Systèmes de Contrôle d'Éclairage.....</b>	<b>7</b>
<b>IV. Montages Électroniques pour Capteurs.....</b>	<b>7</b>
<b>IV.1 Introduction aux Montages Électroniques.....</b>	<b>7</b>
<b>A. Rôle des Circuits Électroniques dans l'Acquisition de Données.....</b>	<b>7</b>
<b>B. Utilisation du Circuit N555 pour la Génération de Signaux.....</b>	<b>8</b>
<b>IV.2 Montages d'Amplification avec AOP.....</b>	<b>8</b>
<b>A. Présentation des Différents Montages : Inverseur, Non-Inverseur, Suiveur.....</b>	<b>8</b>
<b>a) Amplificateur Inverseur :.....</b>	<b>9</b>
<b>b) Amplificateur Non-Inverseur :.....</b>	<b>10</b>
<b>c) Amplificateur Suiveur (Buffer) :.....</b>	<b>11</b>
<b>B. Applications des Montages d'AOP dans l'Amplification de Signaux.....</b>	<b>12</b>
<b>V. Applications et Perspectives.....</b>	<b>13</b>
<b>V.1 Applications Industrielles des Capteurs.....</b>	<b>13</b>
<b>V.2 Tendances Actuelles en Matière de Technologie de Capteurs.....</b>	<b>14</b>

<b>Travaux Pratiques</b> .....	15
<b>Travaux Pratiques N° 1: Sonde de mesure (Température, Pression et Humidité)</b> .....	16
<b>I.1 Objectif</b> .....	16
<b>I.2 Rappel théorique</b> .....	16
<b>I.1.1 Capteur de température (LM335)</b> .....	16
<b>I.1.2. Capteur de pression</b> .....	17
<b>I.1.3 Capteur d'humidité</b> .....	18
<b>I.2 Manipulation</b> .....	19
<b>I.2.1 Caractéristique du capteur de température</b> .....	19
<b>A. Montage</b> .....	19
<b>B. Courbe d'étalonnage</b> .....	19
<b>I.2.2 Caractéristique du capteur de pression</b> .....	19
<b>I.2.3 Caractéristique du capteur d'humidité</b> .....	20
<b>Travaux Pratiques N° 2: Thermomètre a résistance de platine pt100</b> .....	21
<b>I.1 Objectif</b> .....	21
<b>I.2 Rappel théorique</b> .....	21
<b>I.3 Manipulation</b> .....	21
<b>I.3.1 Fonction de transfert <math>R_T = f(\theta)</math></b> .....	22
<b>A. Montage</b> .....	22
<b>B. Courbe d'étalonnage</b> .....	22
<b>I.3.2 Montage conditionneur</b> .....	23
<b>A. Première étage : générateur de courant</b> .....	24
<b>B. Deuxième étage : Montage non inverseur</b> .....	24
<b>C. Troisième étage</b> .....	25
<b>I.3.3 Etalonnage du thermomètre</b> .....	25
<b>Travaux Pratiques N° 3: Mesure de pression avec le capteur MPX 4250 Vérification de la loi P.V = Cte</b> .....	27
<b>III.1 Objectif</b> .....	27
<b>III.1 Rappel théorique</b> .....	27
<b>III.1.1 Présentation</b> .....	27
<b>III.1.2 Caractéristique de transfert</b> .....	27
<b>III.1.3 Montage Électronique</b> .....	28
<b>III.1.4 Caractéristique de transfert</b> .....	28
<b>III.2 Manipulation</b> .....	29

<b>III.2.1</b>	<b>Matériel Requis.....</b>	<b>29</b>
<b>III.2.2</b>	<b>Étapes de la Manipulation .....</b>	<b>29</b>
	<b>Travaux Pratiques N° 4 : Photorésistance.....</b>	<b>31</b>
<b>IV.1</b>	<b>Objectif .....</b>	<b>31</b>
<b>IV.2</b>	<b>Rappel théorique .....</b>	<b>31</b>
<b>A.</b>	<b>Caractéristiques des Photorésistances.....</b>	<b>31</b>
<b>B.</b>	<b>Applications des Photorésistances .....</b>	<b>32</b>
<b>IV.3</b>	<b>Manipulation.....</b>	<b>32</b>
<b>IV.3.1</b>	<b>Propriétés du capteur de lumière.....</b>	<b>32</b>
<b>A.</b>	<b>Mesure .....</b>	<b>32</b>
<b>B.</b>	<b>Simulation .....</b>	<b>33</b>
<b>IV.3.2</b>	<b>Elaboration d'une tension dépendant de la lumière.....</b>	<b>33</b>
<b>IV.3.3</b>	<b>Mise en œuvre d'un détecteur de lumière .....</b>	<b>34</b>
<b>A.</b>	<b>Etude théorique .....</b>	<b>34</b>
<b>B.</b>	<b>Etude expérimentale.....</b>	<b>34</b>
<b>IV.4</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>35</b>
	<b>Références .....</b>	<b>36</b>

## Liste des Figures

Figure 1. Résistance de platine Pt100 .....	3
Figure 2. Capteur MPX 4250.....	5
Figure 3. Principe de fonctionnement de base d'une photorésistance .....	6
Figure 4. Schéma électronique du montage amplificateur inverseur. ....	9
Figure 5. Schéma électronique du montage amplificateur Non-inverseur. ....	10
Figure 6. Schéma électronique du montage amplificateur suiveur. ....	11
Figure 7. Schéma du capteur de température. ....	17
Figure 8. Schéma du capteur de pression entièrement intégré. ....	17
Figure 9. Capteur d'humidité HCH 1000.....	18
Figure 10. Multivibrateur astable à base de NE 555. ....	20
Figure 11. Présentation de la PT100 .....	21
Figure 12. Résistance de platine Pt100.....	23
Figure 13. Montage conditionneur .....	23
Figure 14 : Diagramme de block.....	28
Figure 15 : Caractéristique de transfert de capteur MPX4250 .....	29
Figure 16 : Photorésistance.....	31
Figure 17 : Circuit électrique pour une photorésistance .....	33
Figure 18 : Montage de Contrôle de Lumière avec une Photorésistance.....	34

---

## Généralités sur les capteurs

### I. Introduction aux Capteurs

#### I.1 Définitions et Concepts Clés

Les capteurs sont des dispositifs fondamentaux dans le domaine de la mesure et de l'instrumentation, convertissant une grandeur physique telle que la température, la pression, la luminosité, etc., en un signal mesurable. Ainsi, un capteur peut être défini comme un dispositif capable de détecter, mesurer et convertir une grandeur physique en une forme exploitable, généralement électrique.

Les concepts clés liés aux capteurs incluent la sensibilité, la précision, la résolution et la plage de mesure. La sensibilité se réfère à la capacité du capteur à détecter de petites variations dans la grandeur mesurée. La précision représente la proximité des mesures successives. La résolution est la plus petite variation détectable par le capteur, tandis que la plage de mesure indique l'étendue des valeurs que le capteur peut mesurer.

#### I.2 Rôles des Capteurs

Les capteurs jouent plusieurs rôles essentiels dans les systèmes de mesure et de contrôle. Ils permettent la surveillance continue de variables physiques, facilitent la régulation automatique des processus, et fournissent des données pour la prise de décision. Les capteurs sont omniprésents dans des domaines variés tels que l'industrie, la santé, l'environnement, et la recherche scientifique.

Leur utilisation va de la simple mesure de la température dans un four industriel à la détection de mouvements dans les systèmes de sécurité. Les capteurs sont également indispensables dans les applications médicales, météorologiques, et de contrôle industriel, contribuant ainsi de manière significative à l'amélioration de la qualité de vie et à l'efficacité des processus.

#### I.3 Importance dans les Applications Industrielles

Les capteurs occupent une place importante dans les applications industrielles, où la surveillance précise des paramètres physiques est essentielle pour garantir la sécurité, la qualité et l'efficacité des processus. Ils sont utilisés dans la régulation de la température, la

mesure de la pression, le contrôle de l'humidité, la détection de gaz, et bien d'autres applications.

La fiabilité des capteurs influence directement la précision des mesures et, par conséquent, la performance globale du système. Des capteurs bien calibrés et correctement sélectionnés sont indispensables pour assurer le bon fonctionnement des équipements industriels et contribuer à la durabilité des processus de production.

## II. Fonctionnement des Capteurs

### II.1 Principe de Conversion de Mesure

#### A. Transducteurs et Capteurs

Les transducteurs et les capteurs jouent un rôle central dans la mesure des phénomènes physiques. Comprendre la distinction entre ces deux termes est essentiel pour appréhender le fonctionnement des capteurs. Différenciation entre Transducteurs et Capteurs :

**Transducteurs** : Ces dispositifs convertissent un type d'énergie en une autre. Ils transforment un signal physique, tel que la pression ou la température, en un signal électrique mesurable. Les transducteurs sont souvent les éléments initiaux du processus de mesure.

**Capteurs** : Les capteurs, d'autre part, sont des dispositifs spécifiques qui utilisent les transducteurs pour convertir une grandeur physique en un signal exploitable. Ils peuvent être considérés comme des sous-ensembles des transducteurs, étant le lien direct entre la grandeur à mesurer et le système d'acquisition.

#### B. Transduction Électrique, Thermique, Mécanique, Optique, etc.

Les capteurs utilisent différentes méthodes de transduction pour convertir des grandeurs physiques en signaux électriques exploitables. Chaque type de transduction offre des avantages spécifiques en fonction des propriétés du phénomène physique à mesurer.

**Transduction Électrique** : Les capteurs électriques utilisent des propriétés électriques pour mesurer des phénomènes physiques. Les capteurs de tension, de courant, et de résistance en sont des exemples. La transduction électrique permet des mesures rapides et précises, mais peut être sensible aux interférences électromagnétiques.

**Transduction Thermique** : Certains capteurs mesurent les variations de température en utilisant des matériaux dont la résistance varie avec la température, comme les thermistances. Ces capteurs sont largement utilisés dans la mesure de la température, des processus industriels au contrôle climatique.

**Transduction Mécanique** : Les capteurs mécaniques convertissent des variations de force, de pression ou de déplacement en signaux électriques. Les capteurs de pression piézorésistifs en sont un exemple. Exemples de Capteurs Mécaniques (Capteurs de force, capteurs de déplacement).

**Transduction Optique** : Les capteurs optiques mesurent la lumière ou d'autres phénomènes optiques. Les photodiodes et les photorésistances sont des exemples de capteurs optiques. Ces capteurs sont largement utilisés dans les dispositifs d'imagerie, les capteurs de luminosité et les systèmes de détection optique.

### III. Capteurs Spécifiques

Dans ce qui suit, nous allons présenter quelques capteurs spécifiques utilisés dans le cadre de nos manipulations au niveau du laboratoire.

#### III.1 Thermomètre à Résistance de Platine Pt100

##### A. Compréhension du Concept de Résistance de Platine

Le thermomètre à résistance de platine Pt100 (figure 1) est un dispositif de mesure de température basé sur les propriétés électriques du platine. Le Pt100 tire son nom de la valeur nominale de résistance à 0°C, qui est de 100 ohms. La résistance de platine varie de manière linéaire avec la température, ce qui en fait un capteur de température précis et fiable.



Figure 1. Résistance de platine Pt100

Le principe de fonctionnement repose sur le fait que la résistance électrique d'un conducteur, en l'occurrence le platine, change avec la température. Le Pt100 suit la variation de la résistance du platine selon la formule :

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t + \beta \cdot t^2)(1)$$

Où  $R_t$  est la résistance à la température  $t$ ,  $R_0$  est la résistance nominale à  $0^\circ\text{C}$ , et  $\alpha$  et  $\beta$  sont des coefficients de température.

## B. Avantages et Applications du Pt100 dans la Mesure de Température

Le Pt100 présente plusieurs avantages qui en font un choix populaire pour la mesure de température :

- **Précision et Linéarité** : Le Pt100 offre une excellente précision et linéarité sur une plage étendue de températures. Sa réponse est pratiquement linéaire, simplifiant les calculs et les corrections.
- **Stabilité à Long Terme** : Les résistances de platine sont connues pour leur stabilité à long terme, assurant une mesure fiable et constante sur la durée.
- **Plage de Température Étendue** : Le Pt100 peut être utilisé sur une large plage de températures, de  $-200^\circ\text{C}$  à plus de  $600^\circ\text{C}$ , en fonction du modèle et des spécifications.

**Compatibilité avec les Conditions Sévères** : Sa résistance aux environnements corrosifs, son inertie chimique et sa robustesse font du Pt100 un choix idéal pour des conditions sévères, notamment dans l'industrie chimique et pétrochimique.

Les applications du Pt100 couvrent divers domaines tels que l'industrie pharmaceutique, la recherche scientifique, les procédés industriels, les systèmes HVAC (chauffage, ventilation et climatisation), et même les applications spatiales en raison de sa fiabilité et de sa précision.

## III.2 Mesure de Pression avec le Capteur MPX 4250 et Vérification de la Loi $P.V = Cte$

### A. Introduction au Capteur Piezorésistif MPX 4250

Le capteur MPX 4250, représenté dans la Figure 2 ci-dessous, se compose d'un élément sensible en silicium piezorésistif intégré dans une structure membraneuse. Lorsqu'une pression est appliquée sur la membrane, l'élément sensible subit des déformations mécaniques, modifiant ainsi sa résistance électrique.



Figure 2. Capteur MPX 4250

La variation de résistance  $\Delta R$  est proportionnelle à la pression appliquée, et peut être exprimée par l'équation :

$$\Delta R = S.P(2)$$

Où S représente la sensibilité du capteur en termes de changement de résistance par unité de pression ( $\Delta R/\Delta P$ ), et P est la pression appliquée.

## B. Relation Pression-Volume et son Application Pratique

La loi  $P.V = Cte$ , exprime la relation inverse entre la pression et le volume d'un gaz. Lors de l'application de cette loi à la calibration du capteur MPX 4250, la pression P est mesurée à différents volumes, ce qui permet de déterminer la constante Cte propre au système.

$$P_1.V_1 = P_2.V_2 = Cte$$

L'utilisation de la loi  $P.V = Cte$  pour la calibration offre une référence théorique pour interpréter les variations de résistance mesurées ( $\Delta R$ ) en termes de pression. La relation entre  $\Delta R$  et P peut être ajustée en fonction de la constante Cte pour obtenir des mesures précises de pression.

### III.3 Photorésistance : Mesure de Luminosité

#### A. Fonctionnement des Photorésistances dans la Détection de Lumière

Les photorésistances, également appelées cellules photoconductrices, sont des capteurs de lumière qui exploitent le phénomène de la photoconductivité pour mesurer l'intensité lumineuse ambiante. La Figure 3 illustre le principe de fonctionnement de base d'une photorésistance.

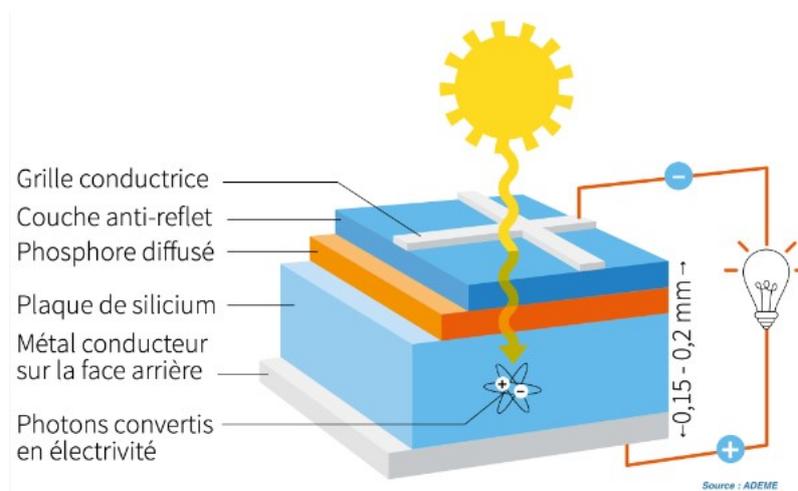


Figure 3. Principe de fonctionnement de base d'une photorésistance

Lorsque la lumière frappe la surface de la photorésistance, les photons absorbés génèrent des paires électron-trou dans le matériau semi-conducteur. Cette augmentation du nombre de porteurs de charge modifie la conductivité du matériau, provoquant une diminution de la résistance de la photorésistance. Ainsi, la résistance  $R$  de la photorésistance est inversement proportionnelle à l'intensité lumineuse  $I_L$  incidente, ce qui peut être exprimé par l'équation suivante :

$$R = R_0 \cdot e^{-\alpha \cdot I_L} \quad (3)$$

Où  $R_0$  est la résistance initiale en l'absence de lumière,  $\alpha$  est une constante spécifique du matériau, et  $I_L$  représente l'intensité lumineuse.

## B. Utilisation Pratique dans les Systèmes de Contrôle d'Éclairage

Les photorésistances trouvent des applications diverses, notamment dans les systèmes de contrôle d'éclairage automatique. En ajustant la résistance en fonction de l'intensité lumineuse ambiante, ces capteurs permettent de réguler l'éclairage artificiel en fonction des besoins réels.

Dans les systèmes d'éclairage automatique, une photorésistance est souvent associée à un circuit électronique de contrôle. Lorsque la luminosité diminue, la résistance de la photorésistance augmente, modifiant ainsi le courant dans le circuit. Ce changement est détecté par le système de contrôle, qui peut alors déclencher l'allumage des lampes pour compenser le manque de lumière naturelle.

L'utilisation pratique des photorésistances s'étend également à des domaines tels que la photographie, les dispositifs de sécurité, et les capteurs de présence. Leur sensibilité à la lumière les rend polyvalentes pour différentes applications nécessitant une réaction en temps réel à des variations d'intensité lumineuse.

## IV. Montages Électroniques pour Capteurs

### IV.1 Introduction aux Montages Électroniques

#### A. Rôle des Circuits Électroniques dans l'Acquisition de Données

Dans cette section, nous plongerons dans l'essentiel des montages électroniques dédiés à l'acquisition de données à partir de capteurs. Les capteurs sont au cœur de nombreux systèmes, convertissant des grandeurs physiques en signaux électriques. Cependant, ces signaux bruts nécessitent souvent d'être conditionnés, amplifiés et traités avant d'être utilisés pour prendre des décisions ou agir. C'est là que les circuits électroniques entrent en jeu.

Les objectifs clés de cette sous-section sont les suivants :

**Fonction des Capteurs :** Les capteurs mesurent des grandeurs physiques (température, pression, humidité), convertissant en signaux électriques. Comprendre cette transformation est crucial pour leur interaction avec les circuits électroniques.

**Traitement des Signaux :** Les signaux issus des capteurs peuvent subir des interférences ou des fluctuations indésirables. Les circuits de conditionnement interviennent pour filtrer, amplifier et linéariser les signaux, assurant leur précision et fiabilité.

**Conversion Analogique-Numérique (CAN) :**Après le conditionnement, la conversion en format numérique est souvent requise pour les microcontrôleurs. Les convertisseurs analogique-numérique (CAN) jouent un rôle clé dans cette transformation de données continues en format numérique exploitable.

**Calibrage et Linéarisation :** Certains capteurs peuvent présenter des non-linéarités ou des imprécisions. L'analyse explore comment les circuits électroniques peuvent calibrer et linéariser les données pour obtenir des résultats précis et cohérents.

**Interfaces avec les Microcontrôleurs :** Enfin, l'interface entre les circuits électroniques et les microcontrôleurs est cruciale. Elle assure la transmission efficace des signaux conditionnés et convertis vers les systèmes de traitement et de contrôle, favorisant la prise de décisions éclairées et des actions appropriées.

## **B. Utilisation du Circuit N555 pour la Génération de Signaux**

Le circuit intégré NE555 (ou N555) est un composant très polyvalent utilisé pour la génération de signaux temporisés et de formes d'onde spécifiques. Il peut être configuré en mode astable, monostable ou bistable pour produire des signaux tels que des ondes carrées, des signaux de minuterie et bien d'autres. Dans le contexte de l'électronique embarquée, le NE555 peut être utilisé pour générer des impulsions de commande pour des actionneurs, pour créer des horloges ou des temporisations précises, ou même pour générer des signaux de test.

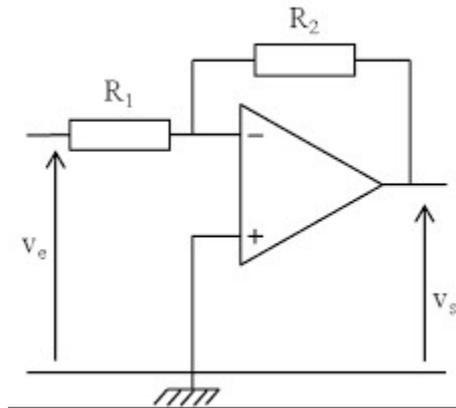
### **IV.2 Montages d'Amplification avec AOP**

#### **A. Présentation des Différents Montages : Inverseur, Non-Inverseur, Suiveur**

Les amplificateurs opérationnels (AOP) sont des composants essentiels en électronique, souvent utilisés pour amplifier les signaux faibles ou pour effectuer des opérations mathématiques sur les signaux. Les trois configurations d'amplification les plus courantes avec AOP sont les suivantes :

**a) Amplificateur Inverseur :**

Dans ce montage (figure 4), la sortie est inversée par rapport à l'entrée. C'est-à-dire que si l'entrée augmente, la sortie diminue et vice versa. Cela permet d'amplifier le signal avec un gain négatif. Le schéma électronique du montage amplificateur inverseur est présenté comme suite :



**Figure 4. Schéma électronique du montage amplificateur inverseur.**

L'amplificateur inverseur utilise deux résistances,  $R_1$  et  $R_2$ , pour fixer le gain d'amplification. Le signal d'entrée est appliqué à l'entrée non inverseuse de l'AOP, tandis que la sortie est prise à l'entrée inverseuse (borne "-" de l'AOP). Le courant entrant dans l'entrée inverseuse étant virtuellement nul (du fait de la très haute impédance d'entrée de l'AOP), la tension à l'entrée inverseuse est également à peu près égale à la tension à l'entrée non inverseuse.

Le gain de tension de l'amplificateur inverseur peut être calculé en fonction des valeurs des résistances  $R_2$  (résistance de rétroaction) et  $R_1$  (résistance d'entrée). Le gain ( $A$ ) est donné par la formule :

$$A = -\frac{R_2}{R_1} \quad (4)$$

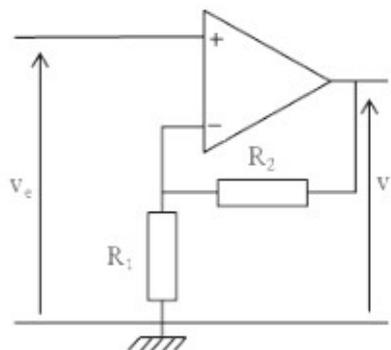
Le gain est négatif parce que la sortie est inversée par rapport à l'entrée.

Avantages de l'Amplificateur Inverseur sont décrit comme suite :

- Gain Négatif : L'amplificateur inverseur permet d'obtenir un gain négatif, ce qui peut être utile dans diverses applications telles que l'atténuation de signaux ou la conversion de signaux bipolaires.
- Stabilité : La rétroaction négative améliore la stabilité du circuit en réduisant la sensibilité aux variations des caractéristiques de l'AOP.
- Impédance d'Entrée Élevée : L'impédance d'entrée de l'AOP est élevée, ce qui évite de charger le signal source.
- Faible Impédance de Sortie : La sortie de l'AOP offre une faible impédance, ce qui facilite la connexion à des charges.

### b) Amplificateur Non-Inverseur :

Contrairement à l'amplificateur inverseur, ici, le signal en sortie est en phase avec le signal d'entrée. Il permet d'amplifier le signal avec un gain positif. Le schéma électronique du montage amplificateur Non-inverseur est présenté comme suite (figure 5):



**Figure 5. Schéma électronique du montage amplificateur Non-inverseur.**

L'amplificateur non-inverseur utilise deux résistances,  $R_1$  et  $R_2$ , comme dans le cas de l'amplificateur inverseur. Cependant, contrairement à l'amplificateur inverseur, le signal d'entrée est directement appliqué à l'entrée non inverseuse de l'AOP. La sortie est prise à l'entrée inverseuse, où une tension de rétroaction négative est générée grâce à une résistance de retour ( $R_2$ ).

Le gain d'amplification pour un amplificateur non-inverseur est déterminé par les valeurs des résistances  $R_1$  et  $R_2$ , et il est donné par la formule suivante :

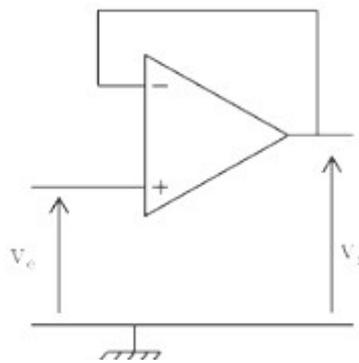
$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (5)$$

Avantages de l'Amplificateur Inverseur sont décrit comme suite :

- Gains Positifs Contrôlables : L'amplificateur non-inverseur permet d'obtenir des gains positifs contrôlés, en ajustant les valeurs des résistances  $R_1$  et  $R_2$ .
- Non-Inversion de Phase : Contrairement à l'amplificateur inverseur, l'amplificateur non-inverseur ne change pas la phase du signal d'entrée à la sortie, ce qui peut être important dans certaines applications.
- Amélioration de la Stabilité : La rétroaction négative introduite par la résistance de retour  $R_2$  améliore la stabilité du circuit en réduisant les effets de distorsion et d'instabilité.
- Amplification de Signaux Positifs : L'amplificateur non-inverseur est idéal pour amplifier des signaux positifs tout en maintenant leur polarité.
- Impédance d'Entrée Élevée : L'entrée non inverseuse a une impédance d'entrée élevée, ce qui signifie que le circuit est peu susceptible de charger le signal d'entrée.

### c) Amplificateur Suiveur (Buffer) :

Dans ce cas, la sortie suit directement l'entrée, mais avec une capacité à fournir un courant plus important. Le gain est proche de 1. Le schéma électronique du montage amplificateur Non-inverseur est présenté comme suite (figure 6):



**Figure 6. Schéma électronique du montage amplificateur suiveur.**

L'amplificateur suiveur a une configuration très simple. Le signal d'entrée est directement appliqué à l'entrée non inverseuse de l'AOP. La sortie est prise à l'entrée inverseuse. Une seule résistance (souvent une résistance de rappel vers la masse) est généralement utilisée pour fournir la rétroaction négative nécessaire.

Avantages de l'Amplificateur Inverseur sont décrit comme suite :

- Gain Proche de 1 : Le gain de l'amplificateur suiveur est pratiquement égal à 1. Cela signifie que le signal de sortie suit le signal d'entrée sans changement significatif.
- Impédance de Sortie Faible : L'amplificateur suiveur a une impédance de sortie très faible, ce qui signifie qu'il peut fournir un courant de sortie important sans affecter le signal.
- Isolation de Charge : En raison de sa faible impédance de sortie, l'amplificateur suiveur isole efficacement la charge (circuit suivant) de la source (circuit précédent), évitant ainsi toute interaction négative.
- Amélioration de la Qualité du Signal : L'amplificateur suiveur est souvent utilisé pour isoler un signal d'entrée de haute impédance de circuits qui nécessitent une impédance d'entrée plus basse. Cela évite la perte de signal due à la charge.

## B. Applications des Montages d'AOP dans l'Amplification de Signaux

Les AOP sont des composants polyvalents largement utilisés dans l'électronique pour amplifier différents types de signaux. Leur capacité à fournir une amplification précise, configurable et stable en fait des outils inestimables pour de nombreuses applications. Voici quelques-unes des principales applications des montages d'AOP dans l'amplification de signaux:

**Filtrage Actif** : Les AOP sont utilisés pour construire des filtres actifs qui permettent de sélectionner certaines fréquences tout en atténuant d'autres. Cela peut être utilisé dans des applications telles que la correction d'égalisation audio, la suppression de bruit et bien d'autres.

**Amplification de Signaux de Mesure** : Les signaux de mesure provenant d'instruments tels que les voltmètres, les ampèremètres, etc., peuvent être amplifiés pour permettre une lecture plus précise et étendue des mesures.

**Amplification de Signaux de Capteurs de Température** : Les capteurs de température, tels que les thermistances, produisent des variations de résistance en fonction de la

température. Les montages d'AOP peuvent être utilisés pour amplifier ces variations en des plages de tension plus lisibles.

**Amplification de Signaux de Pression** : Les capteurs de pression génèrent des variations de tension en réponse aux changements de pression. Les montages d'AOP peuvent être utilisés pour amplifier ces variations en des niveaux de tension exploitables.

**Amplification de Signaux de Photodétecteurs** : Les photodétecteurs convertissent la lumière en courant électrique. Les AOP sont utilisés pour amplifier les petits courants produits par les photodétecteurs.

## V. Applications et Perspectives

### V.1 Applications Industrielles des Capteurs

Les capteurs jouent un rôle essentiel dans un large éventail d'applications industrielles, contribuant à la surveillance, au contrôle et à l'optimisation des processus. Voici quelques exemples de leurs applications dans le domaine industriel :

**Surveillance de Processus** : Les capteurs de température, de pression, de débit et d'autres grandeurs surveillent les conditions des processus industriels tels que la production chimique, la fabrication, la pétrochimie, etc.

**Automatisation Industrielle** : Les capteurs de position, de proximité et de vision sont utilisés pour automatiser les machines et les lignes de production, améliorant ainsi l'efficacité et la précision.

**Contrôle de Qualité** : Les capteurs de vision et les capteurs de mesure dimensionnelle sont utilisés pour inspecter et garantir la qualité des produits fabriqués.

**Maintenance Prédictive** : Les capteurs de vibration, de température et d'autres types surveillent l'état des équipements industriels et permettent la détection précoce de problèmes pour une maintenance prédictive.

**Sécurité Industrielle** : Les capteurs de gaz toxiques, de fumée, de température élevée, etc., assurent la sécurité des travailleurs et préviennent les situations dangereuses.

**Surveillance Environnementale** : Les capteurs mesurent les émissions, les niveaux de pollution et d'autres paramètres environnementaux pour garantir la conformité aux réglementations.

**Contrôle de la Chaîne du Froid** : Les capteurs de température surveillent la chaîne du froid dans les industries alimentaires et pharmaceutiques pour garantir la conservation appropriée des produits.

## V.2 Tendances Actuelles en Matière de Technologie de Capteurs

Les technologies de capteurs évoluent rapidement pour répondre aux besoins de la société moderne. Voici quelques tendances actuelles dans le domaine des capteurs :

**Miniaturisation et Intégration** : Les capteurs deviennent de plus en plus petits et intégrés, ce qui permet leur utilisation dans des dispositifs compacts et portables.

**Internet des Objets (IoT)** : Les capteurs connectés à l'IoT collectent et transmettent des données en temps réel, ouvrant la voie à des applications intelligentes et à la surveillance à distance.

**Capteurs Intelligents** : Les capteurs intègrent souvent des fonctions de traitement des données, permettant une prise de décision locale plus intelligente.

**Capteurs Multifonctionnels** : Les capteurs qui mesurent plusieurs grandeurs physiques à la fois, réduisant ainsi le nombre de composants nécessaires.

**Capteurs Flexibles** : Les capteurs flexibles et extensibles sont utilisés dans les applications portables, biomédicales et dans l'industrie du vêtement.

**Alimentation Autonome** : Les recherches se concentrent sur des capteurs capables de générer leur propre énergie à partir de sources ambiantes comme la lumière solaire ou les vibrations.

**Capteurs Biomimétiques** : Les capteurs s'inspirent souvent de la nature pour imiter les sens des animaux, tels que la vision infrarouge des serpents ou les antennes des insectes.

Ces tendances reflètent l'évolution continue des technologies de capteurs pour répondre aux besoins émergents de l'industrie et de la société. Les capteurs jouent un rôle de plus en

plus important dans la collecte et l'analyse des données pour la prise de décision, la sécurité et l'optimisation des processus.

## Travaux Pratiques

- **Travaux Pratique N°1** : Sonde de mesure (Température, Pression et Humidité)
- **Travaux Pratique N°2** : Thermomètre a résistance de platine pt100
- **Travaux Pratique N°3** : Mesure de pression avec le capteur MPX 4250 et Vérification de la loi  $P.V = Cte$
- **Travaux Pratique N°4** :Photorésistance

# Travaux Pratiques N° 1: Sonde de mesure (Température, Pression et Humidité)

## I.1 Objectif

L'objectif principal de ces travaux pratiques est de permettre aux étudiants d'étudier en détail les caractéristiques de trois types différents de capteurs : le capteur de température, le capteur de pression et le capteur d'humidité. En se concentrant sur ces capteurs, les étudiants auront l'occasion de comprendre leur fonctionnement, leurs principes de mesure et leur utilisation pour collecter des données environnementales essentielles.

## I.2 Rappel théorique

Une sonde de mesure est pourvue de multiples capteurs destinés à évaluer des paramètres tels que la pression atmosphérique, la température et l'humidité relative. Ces capteurs sont embarqués à bord d'un ballon expansible qui les transporte à travers l'atmosphère jusqu'à une altitude de 25 à 30 km.

### I.1.1 Capteur de température (LM335)

Le capteur de température LM335 est un capteur linéaire de température qui fournit une tension de sortie proportionnelle à la température absolue en Kelvin (K). Il fonctionne en exploitant la caractéristique de tension de polarisation de la jonction base-émetteur d'un transistor. Par exemple à :

- A 0°C (273,15°K), le LM335 délivre une tension de 2,7315 V
- A 100° C (373,15), le LM délivre une tension de 3,7315 V

Ce type de capteur est alimenté par une tension de 5 V avec  $R_1=1K\Omega$  (figure 7)

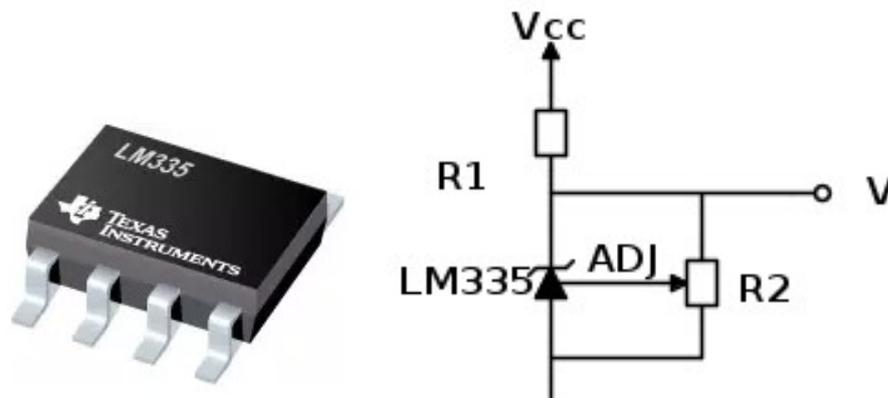


Figure 7. Schéma du capteur de température.

### I.I.2. Capteur de pression

Le capteur de pression utilisé dans ces travaux pratiques est de type piezorésistif, nommé MPX4250. Ce circuit intégré en silicium mesure la pression absolue dans une plage allant de 0 KPa à 250 KPa. Les valeurs de tension correspondantes pour cette plage varient de 0,2V à 4,9V. Le capteur piezorésistif exploite le changement de résistance des éléments piézorésistifs en réponse à une contrainte mécanique, en l'occurrence la pression. Cette modification de résistance est convertie en une tension qui reflète la pression mesurée. On a :

- A  $P=0\text{KPa}$  , le MPX délivre une tension de 0,26V
- A  $P=250\text{KPa}$ , le MPX délivre une tension de 4,87V

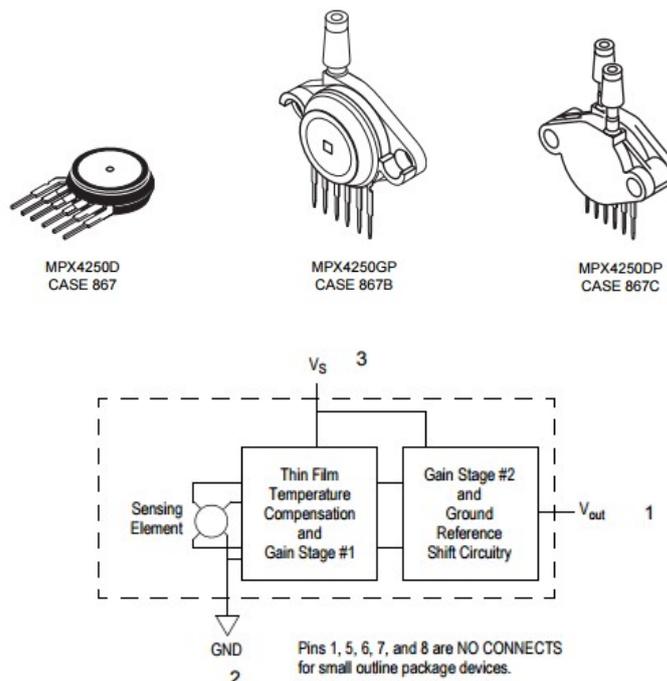


Figure 8. Schéma du capteur de pression entièrement intégré.

Pins :

- La tension de sortie du capteur
- La masse
- Vcc

### I.I.3 Capteur d'humidité

Le capteur d'humidité utilisé dans ce contexte est de type HCH-1000. C'est un capteur capacitif à base de polymères conçu pour mesurer l'humidité relative. Ces capteurs transforment la valeur d'humidité en capacité, qui peut être mesurée électroniquement. La gamme de réponse typique de l'humidité se situe entre 10% et 95%. La série HCH 1000 est fabriquée en utilisant la technologie des semi-conducteurs. Figure 9 représente le capteur d'humidité HCH1000.



Figure 9. Capteur d'humidité HCH 1000.

La capacité mesurée est donnée par la formule suivante :

$$C_c (\%RH) = C_s(55\%RH) + S_x[(\%RH(CM)) - \%RH(C_s)]pF(6)$$

Où:

- S: la sensibilité (pF/%RH)
- $C_c (\%RH)$ : La capacité calculée à la mesure d'une humidité relative
- $C_s(55\%RH)$ : Valeur de la capacité standard à 55%HR
- $\%RH(CM)$ : Valeur d'humidité relative mesurée
- $\%RH(C_s)$  : Valeur d'humidité relative à 55%HR

Exemple de calcul HR=60%

$$C_c (60\%) = C_s(55\%RH) + S_x[(60\%(CM)) - 55\%(C_s)]pF$$

$$S = \frac{\Delta C}{\Delta RH} = \frac{320 - 310}{40 - 20} = \frac{10}{20} = 0.5pF/\%$$

$$C_c (60\%) = 330 + 0.5[60 - 55] = 332.5pF$$

## I.2 Manipulation

### I.2.1 Caractéristique du capteur de température

Afin d'expérimenter la fonction thermométrique  $V = f(\theta)$ , on procède en utilisant un voltmètre de manière directe.

#### A. Montage

1. Placer le capteur et un thermomètre numérique dans un ballon contenant de l'eau à la température de 0°C (mélange eau+glace).
2. Placer le voltmètre à la sortie du capteur.
3. Faire chauffer l'eau lentement depuis 0°C jusqu'à 100°C et lire les valeurs correspondantes de la tension de sortie  $V_{out}$  au cours du chauffage.

#### B. Courbe d'étalonnage

1. Introduire les valeurs numériques  $V_{out}$  et  $\theta$  dans un tableur.
2. Tracer la courbe  $V_{out} = f(\theta)$
3. Montrer que l'on peut admettre que la tension varie en suivant une fonction affine de la température :  $V_{out} = a\theta + b$
4. Déterminer ainsi les valeurs des coefficients  $a$  et  $b$ , et préciser leurs unités.

### I.2.2 Caractéristique du capteur de pression.

L'objectif est d'analyser la caractéristique du capteur, c'est-à-dire comment la tension de sortie du capteur évolue en réponse à la pression qui lui est appliquée. À cette fin, on peut utiliser le logiciel ISIS qui permet de contrôler la pression de manière précise.

Pour différentes valeurs de pression, mesurer la valeur de la tension de sortie. Tracer la courbe  $V_{out} = f(P)$ . Est-elle linéaire ?

### I.2.3 Caractéristique du capteur d’humidité.

Pour différentes valeurs d’humidité, mesurer la valeur de la capacité. Tracer la courbe  $C_c = f(\text{HR}\%)$ . Est-elle linéaire ?

Pour mesurer la capacité, on peut placer le capteur dans un circuit multivibrateur astable à base de NE 555 (figure10). On détermine la fréquence d’oscillation  $F$  à l’aide d’un fréquencemètre ou directement par lecture sur un oscilloscope, puis on déduit la valeur de la capacité correspondante du capteur. On prend :  $R_1=22\text{k}\Omega$ ,  $R_2=47\text{k}\Omega$

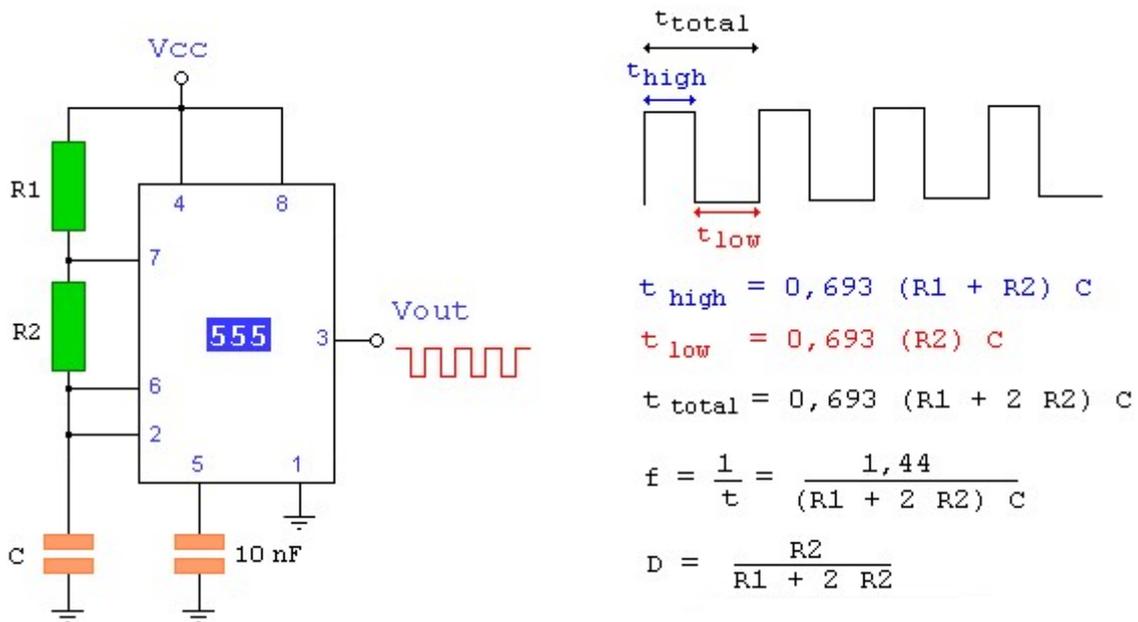


Figure 10. Multivibrateur astable à base de NE 555.

## Travaux Pratiques N° 2: Thermomètre a résistance de platine pt100

### I.1 Objectif :

L'objectif de ce travail pratique est d'étudier les caractéristiques du capteur de température PT100. Les étudiants auront la possibilité d'acquérir une compréhension approfondie de son fonctionnement, de son principe de mesure, ainsi que de son application dans la collecte de données environnementales. Dans le cadre de cette démarche, nous avons pour dessein d'étudier un capteur de température Pt100 et de mettre en œuvre une chaîne de mesures analogiques simple.

### I.2 Rappel théorique

Le thermomètre à résistance de platine PT100 est un capteur de température qui utilise la variation de la résistance électrique d'un fil de platine en fonction de la température. Le "PT" dans "PT100" fait référence à "platine", et "100" indique la résistance nominale du capteur à 0°C. La résistance d'un PT100 à 0°C est de 100 ohms.

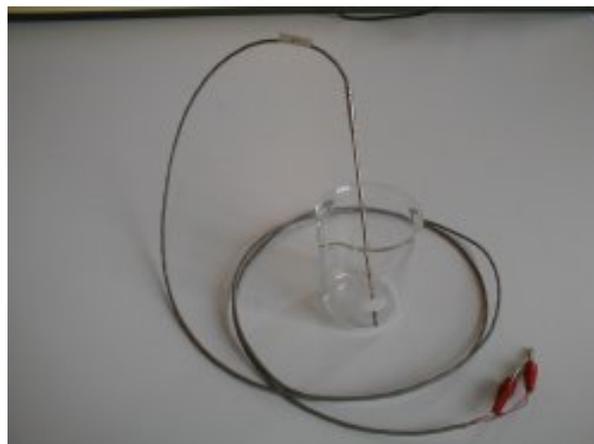


Figure 11. Présentation de la PT100

### I.3 Manipulation

La manipulation du thermomètre à résistance de platine PT100 offre une opportunité exceptionnelle de se plonger dans le monde de la mesure thermique de haute précision. Le PT100, qui exploite la variation de la résistance électrique du platine en fonction de la température, est un capteur de température largement reconnu pour sa stabilité et sa fiabilité. Au cours de cette expérience, nous allons explorer plusieurs étapes clés pour une utilisation efficace du PT100.

### I.3.1 Fonction de transfert $R_T = f(\theta)$

L'une des premières étapes de notre manipulation consistera à comprendre la relation entre la résistance du PT100 et la température. Cette relation, exprimée sous forme de fonction de transfert, lie les variations de résistance du capteur à différentes températures. La connaissance de cette fonction de transfert nous permettra d'effectuer des mesures de température précises en fonction des valeurs de résistance obtenues.

Pour expérimenter la fonction thermométrique  $R_T = f(\theta)$ , nous optons pour une approche directe en utilisant un ohmmètre.

N.B. la précision de l'ohmmètre est suffisante pour établir la linéarité de la réponse.

#### A.Montage

1. Placer la sonde et un thermomètre numérique dans un ballon contenant de l'eau à la température de  $0^{\circ}\text{C}$  (mélange eau+glace).
2. Placer l'ohmmètre aux bornes de la résistance de platine (calibre  $200\ \Omega$ ).
3. Faire chauffer l'eau lentement depuis  $0^{\circ}\text{C}$  jusqu'à  $100^{\circ}\text{C}$  et lire les valeurs correspondantes de la résistance  $R_T$  au cours du chauffage, de 10 en  $10^{\circ}\text{C}$ .

#### B.Courbe d'étalonnage

1. Introduire les valeurs numériques  $R_T$  et  $\theta$  dans un tableur.
2. Tracer la courbe  $R_T = f(\theta)$
3. Montrer que l'on peut admettre que la résistance varie en suivant une fonction affine de la la température :  $R_T = R_0 (1 + \alpha\theta)$
4. Déterminer la valeur du coefficient de température  $\alpha$  et préciser son unité.
5. Déterminer ainsi les valeurs des coefficients  $a$  et  $b$ , et préciser leurs unités.

Exemple :

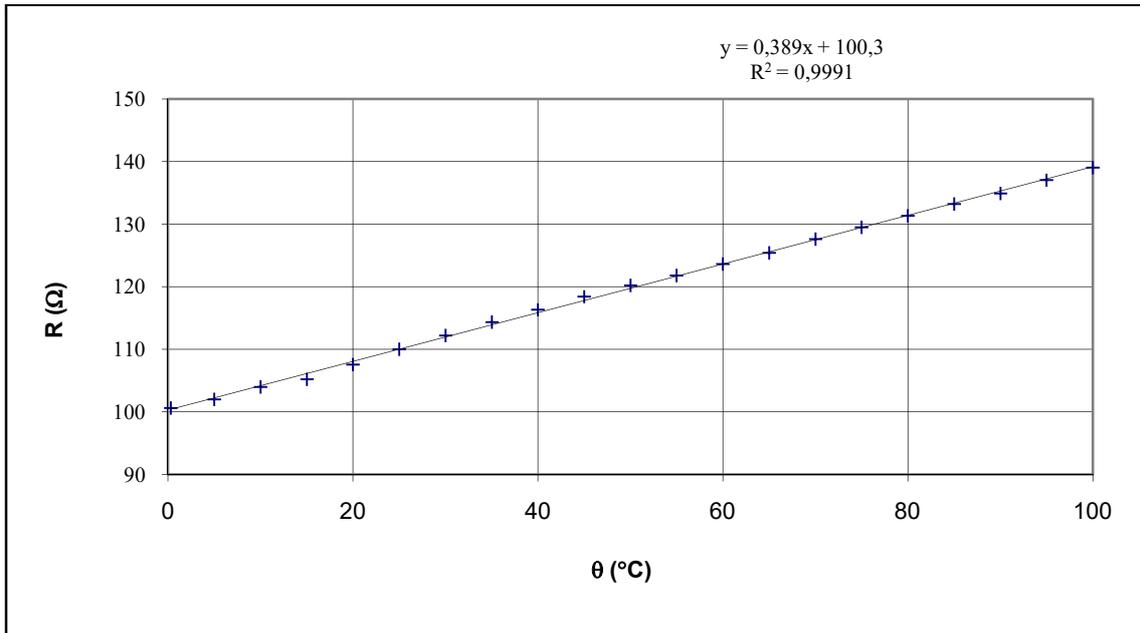


Figure 12. Résistance de platine Pt100.

N.B. : valeur théorique pour une sonde Pt100 :  $R_T = 100 (1 + 0,004 \theta)$

### I.3.2 Montage conditionneur

Pour exploiter pleinement les capacités du PT100 et obtenir des mesures de température exploitables, nous introduirons le concept de montage conditionneur. Ce montage électronique spécialement conçu permettra d'amplifier et de traiter les signaux de résistance du PT100 de manière à obtenir des valeurs de tension plus pratiques et adaptées à nos instruments de mesure.

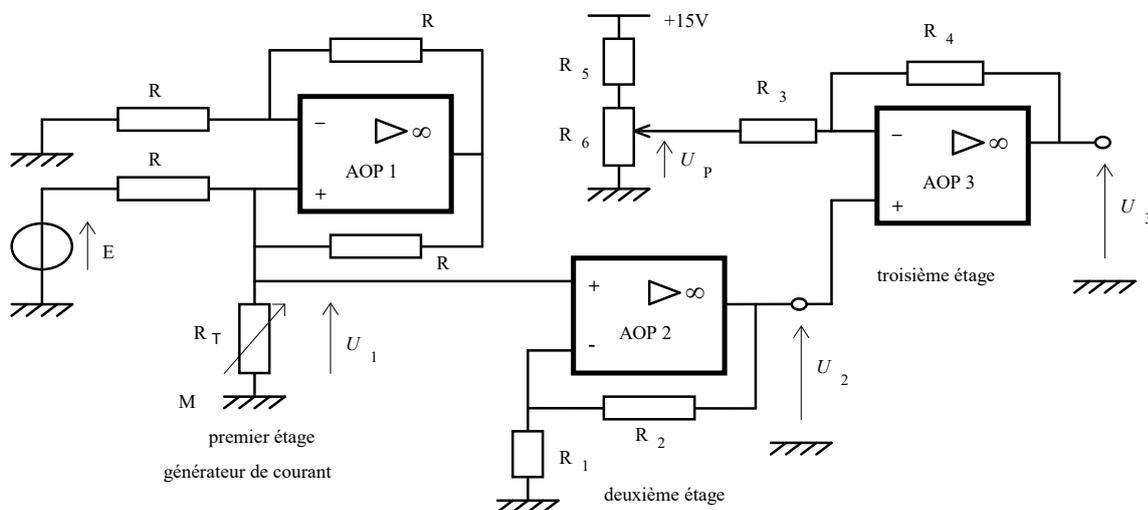


Figure 13. Montage conditionneur

L'ensemble est constitué d'un premier étage générateur de courant suivi d'un deuxième étage amplificateur. Le troisième étage permet d'obtenir une réponse linéaire  $U_3 = k \theta$ .

$E = 10 \text{ V}$  ;  $R = 10 \text{ k}\Omega$  ;  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  ;  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  ;  $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$  ;  $R_4 = 12,7 \text{ k}\Omega$  ajustable ;

$R_5 = 3,3 \text{ k}\Omega$  et  $R_6 =$  potentiomètre  $1 \text{ k}\Omega$

Les amplificateurs opérationnels (TL081) sont alimentés en  $+15\text{V}/-15\text{V}$

### A. Première étage : générateur de courant

1. Le montage générateur de courant permet d'alimenter la résistance de platine avec un courant d'intensité constante.

$$I = \frac{E}{R} = 1\text{mA}(7)$$

2. La tension  $U_I = RT \cdot I$ , aux bornes de la résistance de platine, est donc une fonction affine de la température :  $U_I = a\theta + b$ .
3. Le deuxième étage amplificateur non inverseur permet d'obtenir une tension variant entre  $1 \text{ V}$  et  $1,5 \text{ V}$  environ

### B. Deuxième étage : Montage non inverseur

La fonction de transfert d'un montage non-inverseur basé sur un amplificateur opérationnel (AOP) peut être définie par la relation entre la tension de sortie ( $U_2$ ) et la tension d'entrée ( $U_1$ ). Pour un montage non-inverseur, la fonction de transfert est exprimée comme suit :

$$U_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_1$$

Où :

$U_2$  est la tension d'entrée appliquée au circuit.

$U_1$  est la tension de sortie du circuit.

$R_1$  est la résistance du chemin de rétroaction entre la sortie de l'AOP et son entrée inverseuse.

$R_2$  est la résistance connectée entre l'entrée non-inverseuse de l'AOP et la masse (0 V).

### C.Troisième étage

Le dernier étage permet d'éliminer le terme constant à partir du montage diviseur de tension (UP) et d'ajuster le gain avec la résistance R4 pour avoir une lecture directe de la température avec  $k = 0,1 \text{ V} \cdot \text{°C}^{-1}$ . La fonction de transfère de montage est décrite comme suite :

$$U_3 = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) U_2 - \frac{R_4}{R_3} U_P \quad (8)$$

#### I.3.3 Etalonnage du thermomètre

L'étalonnage joue un rôle essentiel dans la garantie de mesures précises et fiables. Au sein de notre manipulation, nous examinerons le processus d'étalonnage du thermomètre à résistance de platine PT100. L'étalonnage implique de comparer les mesures obtenues avec des références de température connues, afin d'ajuster et de calibrer notre capteur pour une performance optimale.

On souhaite réaliser une lecture directe  $U_3 = 0,1 \theta$ .

$$U_1 = 0,1 (1 + 4 \times 10^{-3} \theta)$$

$$U_2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_1 = 11 U_1 \quad (9)$$

$$U_3 = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) U_2 - \frac{R_4}{R_3} U_P = (1 + k)(1,1 + 0,0044 \theta) - k U_P = 0,1 \theta \quad (10)$$

Soit

$$k = \frac{R_4}{R_3} = 1,27$$

Et  $R_4 = 12,7 \text{ k}\Omega$  (prendre par exemple  $12 \text{ k}\Omega$  et  $680 \Omega$ )

On en déduit  $U_P = 2 \text{ V}$  environ

Vérification des points fixes

- Placer la résistance de platine dans un mélange eau+glace à 0°C et régler  $U_p$  afin d'obtenir  $U_3 = 0$
- Placer ensuite la résistance dans l'eau bouillante à 100°C et vérifier que  $U_3 = 1$  V (environ).

N.B. pour la suite, le réglage fin est inutile, la réponse étant linéaire il suffira d'étalonner le capteur sur deux points fixes (0°C et 100°C)

## Travaux Pratiques N° 3: Mesure de pression avec le capteur MPX 4250 Vérification de la loi $P.V = Cte$

### III.1 Objectif

L'objectif principal de ce travaux pratique est d'explorer la mesure de pression en utilisant le capteur MPX4250 et de vérifier expérimentalement la loi de Boyle-Mariotte ( $P.V = Constante$ ), qui décrit la relation entre la pression et le volume d'un gaz à température constante.

### III.1 Rappel théorique

#### III.1.1 Présentation

Le capteur de pression MPX4250 est un dispositif électronique utilisé pour mesurer la pression absolue dans diverses applications. Il repose sur la technologie piézorésistive, qui exploite les variations de résistance des matériaux piézorésistifs en réponse à des contraintes mécaniques, telles que la pression. Voici une présentation détaillée de ce capteur :

#### III.1.2 Caractéristique de transfert

Les caractéristiques de transfert du capteur MPX4250 sont décrites comme suite :

- Plage de Mesure : Le capteur MPX4250 peut mesurer des pressions allant de 0 KPa à 250 KPa.
- Technologie Piézorésistive : Le capteur utilise des éléments piézorésistifs, dont la résistance change en fonction de la pression appliquée.
- Sortie Analogique : Le capteur fournit une sortie analogique qui varie en fonction de la pression détectée.
- Alimentation : Il fonctionne typiquement avec une tension d'alimentation de 5V.
- Linéarité : Le capteur est conçu pour fournir une réponse linéaire par rapport à la pression.

### III.1.3 Montage Électronique

Pour utiliser le capteur MPX4250, il est nécessaire de le connecter à un montage électronique approprié. Ce montage peut inclure des composants tels que des résistances pour créer un diviseur de tension et un amplificateur opérationnel pour traiter le signal de sortie du capteur. L'entrée est un orifice muni d'un embout sur lequel on peut brancher un tuyau. La sortie est la différence de potentiel entre les pattes 1 et 2. La patte 3 reçoit l'alimentation ( $V_S = 5V$ ) et la patte 2 est reliée à la masse (GND).

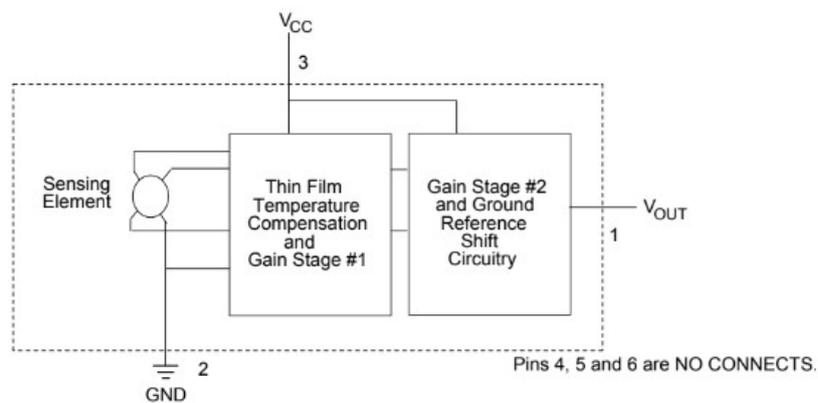


Figure 14 : Diagramme de block

### III.1.4 Caractéristique de transfert

La caractéristique de transfert du capteur MPX4250 est la relation entre la pression appliquée au capteur et la tension de sortie qu'il génère. Cette relation est souvent présentée sous forme de courbe qui montre comment la tension de sortie varie en fonction de la pression. Pour une tension d'alimentation  $V_S = 5V$ , le capteur fournit une tension  $V_{out}$  directement proportionnelle à la pression  $P$ . La courbe  $V_{capteur}$  en fonction de  $P$  est représentée sur le graphe ci-contre :

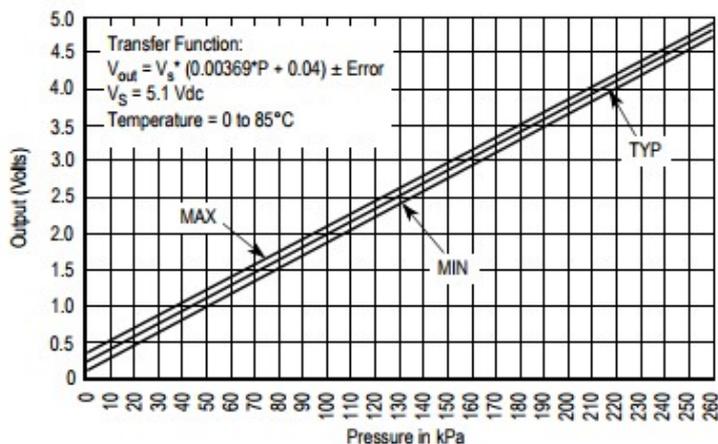


Figure 15 : Caractéristique de transfert de capteur MPX4250

## III.2 Manipulation

Au cours de cette manipulation, nous allons explorer la mesure de pression en utilisant le capteur MPX4250 et vérifier expérimentalement la loi de Boyle-Mariotte, qui décrit la relation entre la pression (P) et le volume (V) d'un gaz à température constante. La manipulation sera divisée en plusieurs étapes clés.

### III.2.1 Matériel Requis

- Capteur de pression MPX4250 ;
- Interface de mesure ou voltmètre ;
- Source d'alimentation (5V) ;
- Référence de pression connue ;
- Contenant hermétique avec piston ajustable.

### III.2.2 Étapes de la Manipulation

#### Préparation de la manipulation

1. A partir de la caractéristique de transfert, calculer la sensibilité du capteur en mV/kPa.
2. Exprimer  $V_{\text{capteur}}$  en fonction de P (les unités sont V et kPa).

#### MANIPULATION (Vérification de la loi P.V = constante)

Brancher l'embout de la seringue, préalablement ajustée à  $V=60\text{ml}$ , à l'orifice du capteur.

1. Faire ensuite les mesures de  $V_{out}$  pour différents volumes  $V$  ajustés avec le piston et en suivant le tableau ci-dessous (à remplir):

<b>Volume V (ml)</b>	60			25
<b>Tension <math>V_{out}</math></b>				
<b>Pression (kPa)</b>				
<b>Produit <math>P \times V</math></b>				

2. Tracer la courbe Pression = f (Volume) et essayer d'expliquer les variations du produit  $PV$ .

**NB :** On rappelle qu'en théorie le produit  $P \times V$  doit être constant (l'équation de l'isotherme).

## Travaux Pratiques N° 4 : Photorésistance

### IV.1 Objectif

L'objectif majeur de ces travaux pratiques est d'explorer en profondeur les propriétés d'un capteur d'ondes électromagnétiques, plus spécifiquement la photorésistance. À travers ces manipulations, les participants seront initiés à la compréhension du fonctionnement, des caractéristiques et des applications de la photorésistance en tant que capteur de lumière.

### IV.2 Rappel théorique

Une photorésistance, également appelée cellule photoconductrice ou LDR (Light Dependant Resistance), est un dispositif électronique sensible à la lumière. Lorsqu'elle est exposée à la lumière, la conductivité de la photorésistance augmente, entraînant une diminution de sa résistance électrique. Cette variation de résistance en fonction de l'intensité lumineuse permet à la photorésistance d'agir comme un capteur de lumière. La figure 16 montre photorésistance avec leur schéma électronique :

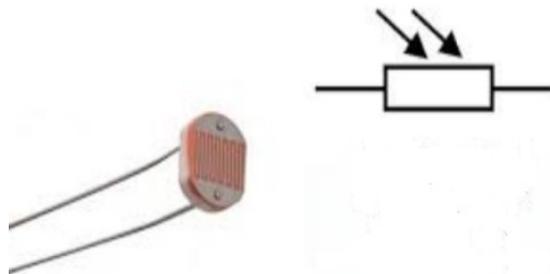


Figure 16 : Photorésistance

### A. Caractéristiques des Photorésistances

**Sensibilité à la Lumière :** Les photorésistances répondent à des longueurs d'onde spécifiques de la lumière.

**Relation Résistance-Lumière :** La résistance de la photorésistance diminue avec l'augmentation de l'intensité lumineuse et vice versa.

Temps de Réponse : En raison de leur nature de réponse lente, les photorésistances sont appropriées pour des applications non dynamiques.

## **B. Applications des Photorésistances**

Capteurs de Lumière : Elles sont utilisées dans diverses applications pour détecter la présence ou l'absence de lumière.

Contrôle Automatique : Les photorésistances sont utilisées dans des dispositifs d'éclairage automatique pour allumer les lumières lorsque la luminosité diminue.

Applications Industrielles : Dans des environnements industriels, elles sont employées pour surveiller les niveaux de lumière.

## **IV.3 Manipulation**

Dans cette manipulation, nous allons explorer les propriétés du capteur de lumière en suivant les étapes décrites dans les sections "Élaboration d'une Tension Dépendante de la Lumière" et "Mise en Œuvre d'un Détecteur de Lumière". Ces étapes pratiques nous aideront à mieux comprendre le comportement du capteur de lumière dans différentes situations.

### **IV.3.1 Propriétés du capteur de lumière**

Nous allons commencer par examiner les propriétés intrinsèques de la photorésistance, qui permettent à ce capteur de réagir à la lumière. Cette section jettera les bases de notre compréhension du comportement du capteur.

#### **A. Mesure**

Nous allons procéder à la mesure de la résistance de la photorésistance en utilisant un ohmmètre dans différentes situations :

1. Sous l'éclairage de la lumière du jour,
2. En la masquant avec le doigt,
3. Dans une enceinte éclairée par une lampe alimentée par une tension constante de 12V.
4. Dans une enceinte obscurcie avec le trou occulté.

Conditions	Valeur de R (en $\Omega$ )
A la lumière du jour	
Occultée par le doigt	
Dans une enceinte éclairée par une lampe alimentée par une tension constante de 12 V	
Dans une enceinte sombre (avec le trou occulté)	

## B. Simulation

En utilisant le logiciel ISIS, nous allons modifier l'intensité lumineuse (E) et enregistrer la résistance correspondante. Nous allons ensuite tracer la fonction R en fonction de E ( $R=f(E)$ ).

### IV.3.2 Elaboration d'une tension dépendant de la lumière

Dans cette étape, nous allons construire un montage qui génère une tension en réponse à la lumière détectée par la photorésistance. Cela nous aidera à visualiser la manière dont le capteur réagit aux variations d'intensité lumineuse. On considère le montage suivant :

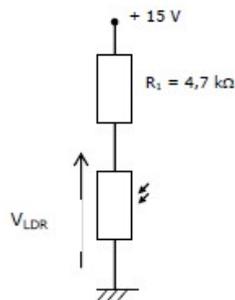


Figure 17 : Circuit électrique pour une photorésistance

- 1) Réaliser le montage avec un voltmètre permettant la mesure de  $V_{LDR}$ .
- 2) Mesurer la tension  $V_{LDR}$  avec la photorésistance éclairée puis avec la photorésistance dans l'obscurité. On note I l'intensité du courant qui traverse la photorésistance. Tracer la caractéristique  $V_{LDR}=f(I)$

### IV.3.3 Mise en œuvre d'un détecteur de lumière

Nous allons créer un montage de détection de lumière qui exploite la photorésistance pour contrôler l'allumage ou l'extinction d'une LED en fonction de l'intensité lumineuse ambiante. Cette étape pratique illustrera comment les photorésistances peuvent être utilisées dans des applications de détection de lumière. On considère le montage suivant :

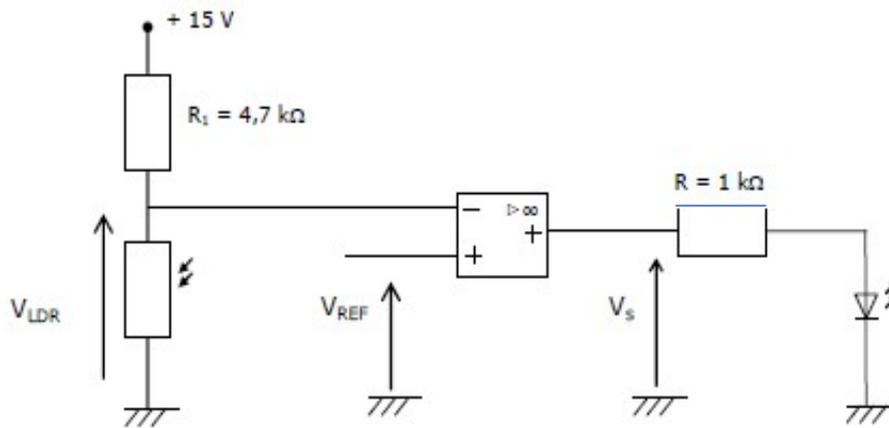


Figure 18 : Montage de Contrôle de Lumière avec une Phtorésistance

$V_{REF}$  est une tension continue constante.

#### A. Etude théorique

- 1) Si  $V_S = V_{SATB} \approx +14$  V, dans quel état se trouve la LED ?
- 2) Si  $V_S = V_{SATB} \approx -14$  V, dans quel état se trouve la LED ?
- 3) Quelle est la fonction réalisée par l'amplificateur opérationnel ?
- 4) Quelle valeur peut-on donner à  $V_{REF}$  pour que la LED soit allumée lorsque l'enceinte est éclairée ?

#### B. Etude expérimentale

- 1) Réaliser le montage et vérifier son fonctionnement.
- 2) Comment doit-on modifier le montage si l'on veut que la LED soit éteinte lorsque l'enceinte est éclairée ?
- 3) Réaliser ces modifications et vérifier le fonctionnement de votre montage.

#### **IV.4 Conclusion**

Quel est l'intérêt de la photorésistance dans l'industrie et en particulier dans le domaine des énergies renouvelables. Rappeler les principaux avantages et inconvénients de ce type de capteur.

## Références

- MALARIC, Roman. Instrumentation and measurement in electrical engineering. Universal-Publishers, 2011.
- MORRIS, Alan S. Measurement and instrumentation principles. Measurement Science and Technology, 2001, vol. 12, no 10, p. 1743-1744.
- DAVID, A. Bell. Electronic instrumentation and measurements. Prentice Hall, 2003.
- WEBSTER, John G. et EREN, Halit. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook: Two-Volume Set. CRC press, 2018.
- DOEBELIN, Ernest O. et MANIK, Dhanesh N. Measurement systems: application and design. 2007.
- BAIRD, David Carr. Experimentation: an introduction to measurement theory and experiment design. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1962.
- MEGNAFI, Hicham, ABDELLAOUI, Ghouti, et MR BRAHAMI, Mustapha Anwar. Systèmes à Microcontrôleur. 2019.
- BRAHAMI, Mustapha Anwar et MEGNAFI, Hicham. Polycopie TP Réseaux et Protocoles. 2022.
- ABDELLAOUI, Ghouti et MEGNAFI, Hicham. Systèmes embarqués et temps réel (RaspberryPi). 2019.

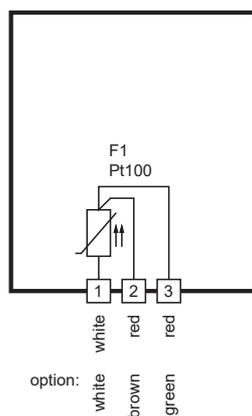
## Temperature sensor

**Order no: 900001.030**

As of: 23.06.2023



## Wiring diagram



## Product description

The Pt100 temperature sensor is soldered to the cable and electrically insulated in the sleeve. The sleeve is rolled watertight for strain relief. The sleeve material of the sensor is V4A (food-safe).

Several screw connections in V4A or brass are available for mounting the sensor.

<b>Measuring range:</b>	-35...105 °C
<b>Cable length:</b>	12 m
<b>Cable material:</b>	PVC-HT
<b>Sleeve:</b>	6x50 mm
<b>Tightness:</b>	IP64
<b>Accuracy:</b>	Klasse B

**Resistance thermometer**

Base values Pt100

**Platinum resistance thermometer Pt100 DIN 43760**

Application range: -220 °C bis +750 °C

Average nominal temperature value: 0.00385/°C

°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
-200	18.53	14.36	10.41								
-100	60.20	56.13	52.04	47.93	43.80	39.65	35.48	31.28	27.05	22.78	18.53
0	100.00	96.07	92.13	88.17	84.21	80.25	76.28	72.29	68.28	64.25	60.20
°C	0	+10	+20	+30	+40	+50	+60	+70	+80	+90	+100
0	100.00	103.90	107.79	111.67	115.54	119.40	123.24	127.07	130.89	134.70	138.50
+100	138.50	142.28	146.06	149.82	153.57	157.32	161.04	164.76	168.47	172.16	175.84
+200	175.84	179.51	183.17	186.82	190.46	194.08	197.70	201.30	204.88	208.46	212.03
+300	212.03	215.58	219.13	222.66	226.18	229.69	233.19	236.67	240.15	243.61	247.06
+400	247.06	250.50	253.93	257.34	260.75	264.14	267.52	270.89	274.25	277.60	280.93
+500	280.93	284.26	287.57	290.87	294.16	297.43	300.70	303.95	307.20	310.43	313.65
+600	313.65	316.86	320.05	323.24	326.41	329.57	332.72	335.86	338.99	342.10	345.21
+700	345.21	348.30	351.38	354.45	357.51	360.55	363.59	366.61	369.62	372.62	375.61
+800	375.61	378.59	381.55	384.50	387.45	390.38					

**Deviations for Pt100 measuring resistors:**

Class A			Class B	
°C	± Ohm	± °C	± Ohm	± °C
-200	0.24	0.55	0.56	1.30
-100	0.14	0.35	0.32	0.80
-60	0.11	0.27	0.24	0.60
0	0.06	0.15	0.12	0.30
+100	0.13	0.35	0.30	0.80
+180	0.19	0.51	0.44	1.20
+200	0.20	0.55	0.48	1.30
+300	0.27	0.75	0.64	1.80
+400	0.33	0.95	0.79	2.30
+500	0.38	1.15	0.93	2.80
+600	0.43	1.35	1.06	3.30
+650	0.46	1.45	1.13	3.55
+700			1.17	3.80
+800			1.28	4.30
+850			1.34	4.55

**Tolerances in °C:**

 for class A:  $\pm (0.15 + 0.002 \cdot t)$ 

 for class B:  $\pm (0.30 + 0.005 \cdot t)$ 

(t = temperature in °C)

**Base values for measuring resistors with other nominal resistances (e.g. Pt500):**

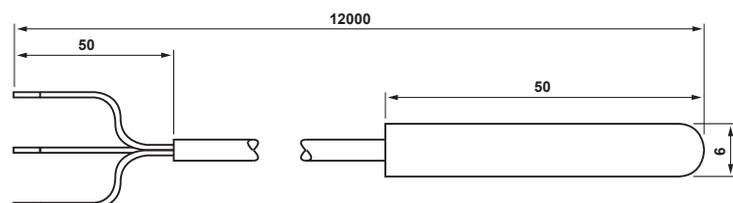
0°C = 100.00 x 5 = 500.00 Ohm

100°C = 138.50 x 5 = 692.50 Ohm

200°C = 175.84 x 5 = 879.20 Ohm

The base values for measuring resistors with other nominal resistances are to be determined correspondingly.

(e.g. for nominal resistance 1000 the factor is 10)

**Dimensions:**


## HCH-1000 Series

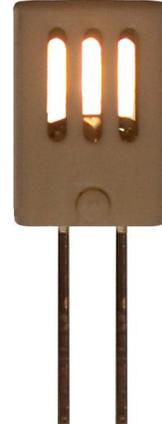
---

### Capacitive Humidity Sensors

HIH-1000-001



HIH-1000-002



#### DESCRIPTION

The HCH-1000 series humidity sensor is a capacitive polymer sensor designed for relative humidity measurement. The sensor converts humidity value into capacitance, which can be measured electronically.

Polyimide is used as a humidity sensing material because of its inherent IC (Integrated Circuit) processing compatibility, reduced temperature dependence and enhanced resistance against contamination. The HCH-1000-Series is manufactured using semiconductor technology.

#### FEATURES AND BENEFITS

---

- Polymer sensing offers enhanced resistance against contamination
- Reduced temperature dependence
- Semiconductor fabrication technology
- Uses glass wafer as substrate
- Enhanced sensitivity and accuracy provides fast response
- Low hysteresis and long-term stability

The sensor consists of a grid top electrode, a polyimide layer, and a bottom electrode. The grid top electrode on the bottom electrode provides enhanced sensitivity when compared to that of a standard structure.

A cased version, for dust protection, and an uncased version are available.

#### POTENTIAL APPLICATIONS

---

##### Industrial

- Air compressors
- Battery-powered systems
- Drying equipment
- HVAC (includes air conditioning, air movement, thermostats, humidifiers, de-humidifiers, humidistats, enthalpy sensing)
- OEM assemblies
- Office automation equipment
- Process equipment
- Refrigeration (includes bulk and transport systems)
- Telecommunications cabinets
- Weather stations and meteorology equipment

##### Medical

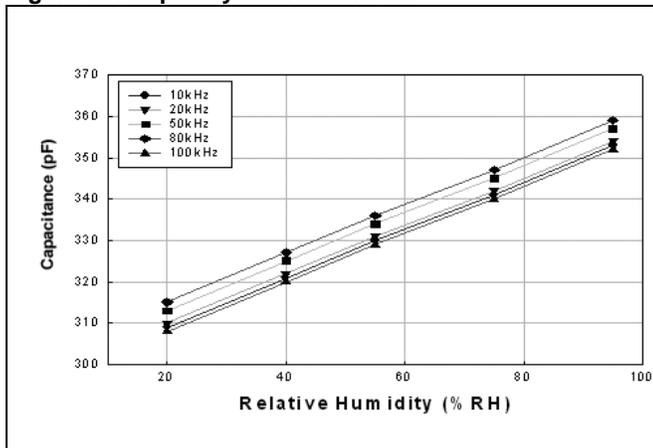
- Hospital air compressors
- Infant incubators
- Microenvironments
- Sleep apnea equipment
- Treadmill stress monitoring equipment

# HCH-1000 Series

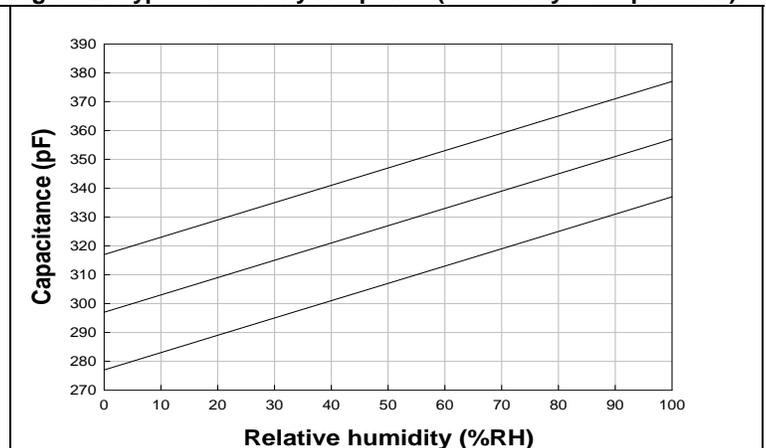
**Table 1. Specifications ( $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$  [77 °F], Input Voltage = 1  $V_{RMS}$ , Frequency = 20 kHz)**

Characteristic	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Normal capacitance	at 55 %RH	310	330	350	pF
Sensitivity	10 %RH to 95 %RH	0.55	0.60	0.65	pF/%RH
Humidity hysteresis	–	–	±2	–	%RH
Linearity	–	–	±2	–	%RH
Response time	30 %RH to 90 %RH	–	15	–	sec
Temperature coefficient	5 °C to 70 °C [41 °F to 158 °F]	0.15	0.16	0.17	pF/°C
Long-term stability (drift)	–	–	0.2	–	%RH/year
Operating temperature range	–	-40 [-40]	–	120 [248]	°C [°F]
Operating humidity range	–	0%	–	100%	RH
Operating frequency range	–	1	–	100	kHz

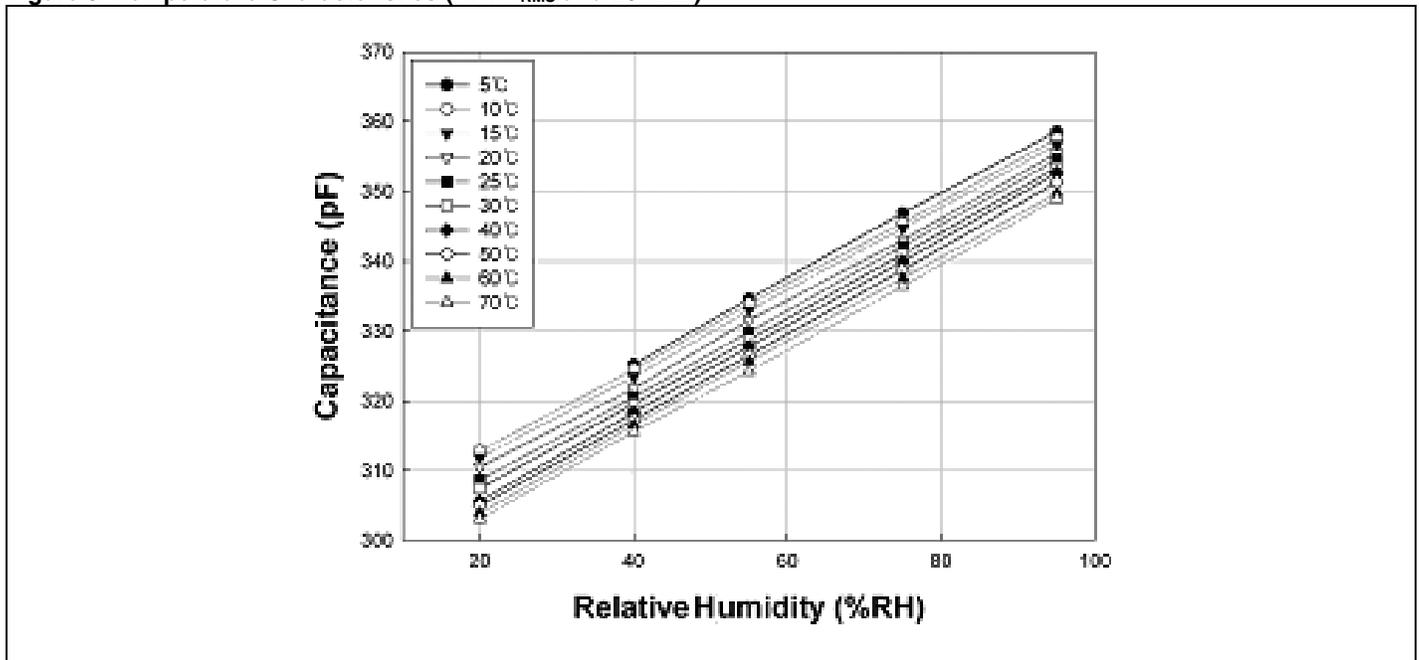
**Figure 1: Frequency Characteristics**



**Figure 2: Typical Humidity Response (Sensitivity = 0.6 pF/%RH.)**

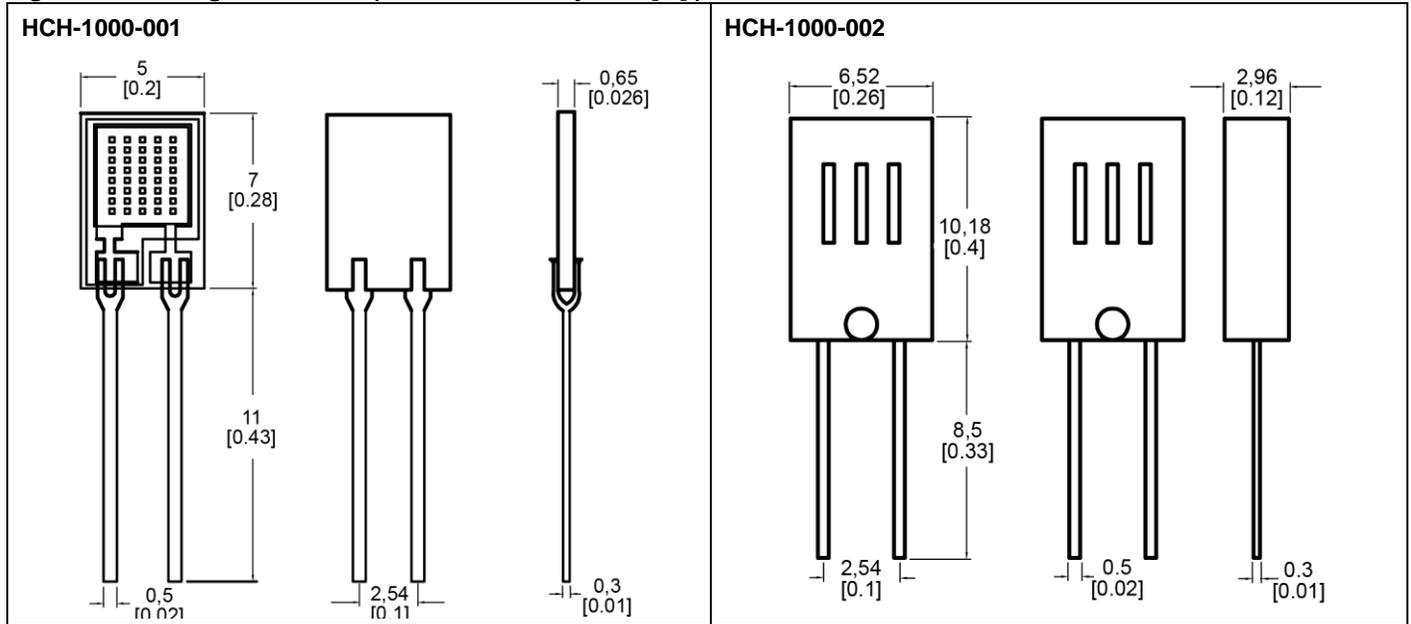


**Figure 3: Temperature Characteristics (At 1  $V_{RMS}$  and 20 kHz.)**



# Capacitive Humidity Sensors

Figure 4: Mounting Dimensions (For reference only: mm [in].)



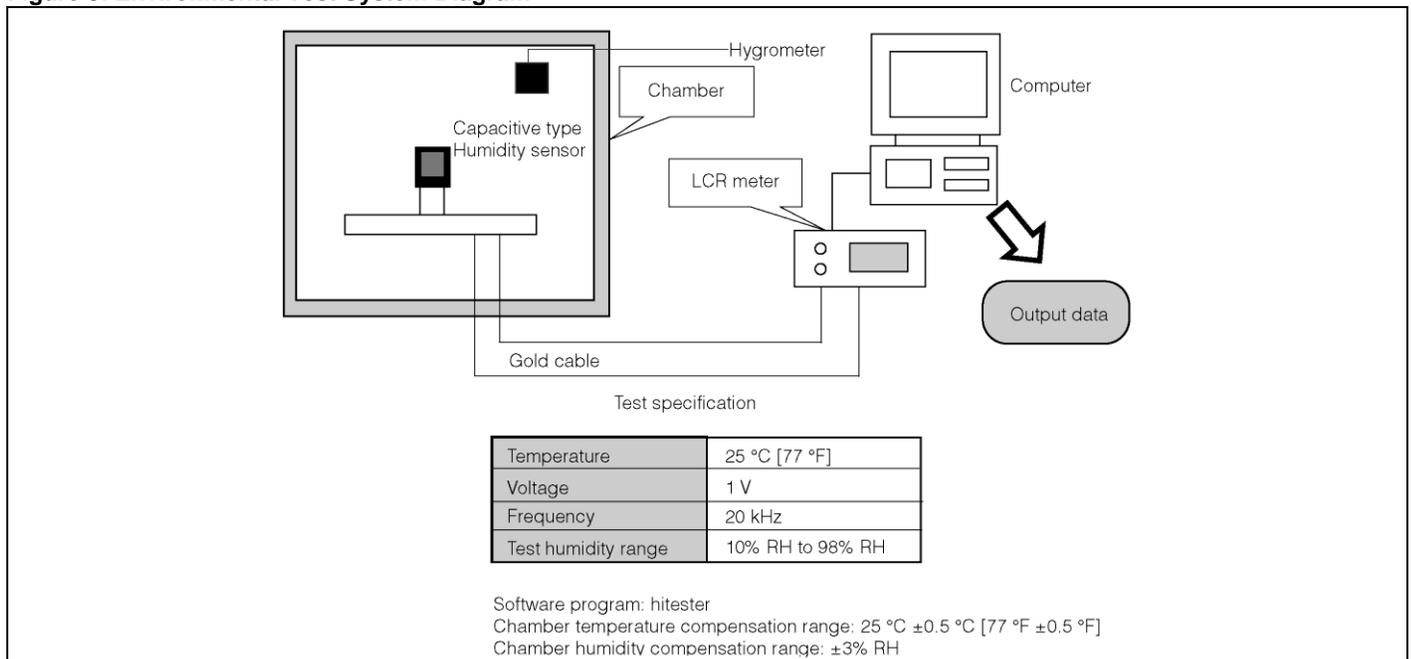
## ENVIRONMENTAL TEST SYSTEM

Figure 5 depicts environmental testing. The devices are characterized at 25 °C [77 °F] between 20 %RH and 95 %RH. The meter is set to measure capacitance at 1 V and 20 kHz.

For a precise measurement, a hygrometer is compared with the humidity of the temperature-humidity chamber.

The data output indicates the effect of sensor characterization before/after environmental tests.

Figure 5: Environmental Test System Diagram



## Order Guide

Catalog Listing	Description
HCH-1000-001	HCH Series capacitive polymer humidity sensor, 2,54 mm [0.100 in] lead pitch SIP
HCH-1000-002	HCH Series capacitive polymer humidity sensor, 2,54 mm [0.100 in] lead pitch SIP, cased version

### **WARNING** **PERSONAL INJURY**

DO NOT USE these products as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury.

**Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**

### **WARRANTY/REMEDY**

Honeywell warrants goods of its manufacture as being free of defective materials and faulty workmanship. Honeywell's standard product warranty applies unless agreed to otherwise by Honeywell in writing; please refer to your order acknowledgement or consult your local sales office for specific warranty details. If warranted goods are returned to Honeywell during the period of coverage, Honeywell will repair or replace, at its option, without charge those items it finds defective. **The foregoing is buyer's sole remedy and is in lieu of all other warranties, expressed or implied, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. In no event shall Honeywell be liable for consequential, special, or indirect damages.**

While we provide application assistance personally, through our literature and the Honeywell web site, it is up to the customer to determine the suitability of the product in the application.

Specifications may change without notice. The information we supply is believed to be accurate and reliable as of this printing. However, we assume no responsibility for its use.

### **WARNING** **MISUSE OF DOCUMENTATION**

- The information presented in this product sheet is for reference only. Do not use this document as a product installation guide.
- Complete installation, operation, and maintenance information is provided in the instructions supplied with each product.

**Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**

### **SALES AND SERVICE**

Honeywell serves its customers through a worldwide network of sales offices, representatives and distributors. For application assistance, current specifications, pricing or name of the nearest Authorized Distributor, contact your local sales office or:

**E-mail:** [info.sc@honeywell.com](mailto:info.sc@honeywell.com)

**Internet:** [www.honeywell.com/sensing](http://www.honeywell.com/sensing)

### **Phone and Fax:**

Asia Pacific	+65 6355-2828
	+65 6445-3033 Fax
Europe	+44 (0) 1698 481481
	+44 (0) 1698 481676 Fax
Latin America	+1-305-805-8188
	+1-305-883-8257 Fax
USA/Canada	+1-800-537-6945
	+1-815-235-6847
	+1-815-235-6545 Fax

Sensing and Control  
Honeywell  
1985 Douglas Drive North  
Golden Valley, MN 55422  
[www.honeywell.com/sensing](http://www.honeywell.com/sensing)

000699-2-EN  
November 2011  
Copyright © 2011 Honeywell International Inc. All rights reserved.

# Honeywell



# Data Sheet

## Light dependent resistors

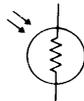
**NORP12 RS stock number 651-507**  
**NSL19-M51 RS stock number 596-141**

Two cadmium sulphide (cdS) photoconductive cells with spectral responses similar to that of the human eye. The cell resistance falls with increasing light intensity. Applications include smoke detection, automatic lighting control, batch counting and burglar alarm systems.

### Guide to source illuminations

Light source	Illumination (Lux)
Moonlight	0.1
60W bulb at 1m	50
1W MES bulb at 0.1m	100
Fluorescent lighting	500
Bright sunlight	30,000

### Circuit symbol



### Light memory characteristics

Light dependent resistors have a particular property in that they remember the lighting conditions in which they have been stored. This memory effect can be minimised by storing the LDRs in light prior to use. Light storage reduces equilibrium time to reach steady resistance values.

### NORP12 (RS stock no. 651-507)

#### Absolute maximum ratings

Voltage, ac or dc peak	320V
Current	75mA
Power dissipation at 30°C	250mW
Operating temperature range	-60°C to +75°C

### Electrical characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$ . 2854°K tungsten light source

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	1000 lux	-	400	-	$\Omega$
	10 lux	-	9	-	$k\Omega$
Dark resistance	-	1.0	-	-	$M\Omega$
Dark capacitance	-	-	3.5	-	pF
Rise time 1	1000 lux	-	2.8	-	ms
	10 lux	-	18	-	ms
Fall time 2	1000 lux	-	48	-	ms
	10 lux	-	120	-	ms

1. Dark to 110%  $R_L$

2. To  $10 \times R_L$

$R_L$  = photocell resistance under given illumination.

### Features

- Wide spectral response
- Low cost
- Wide ambient temperature range.

### Dimensions

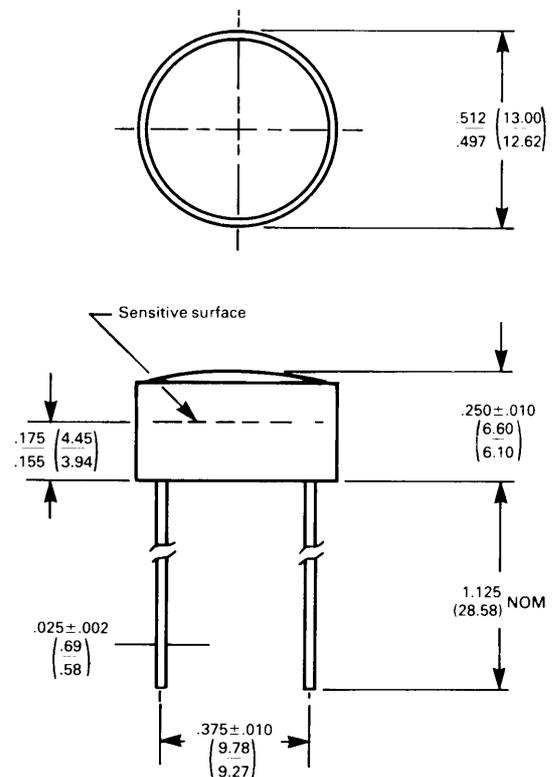


Figure 1 Power dissipation derating

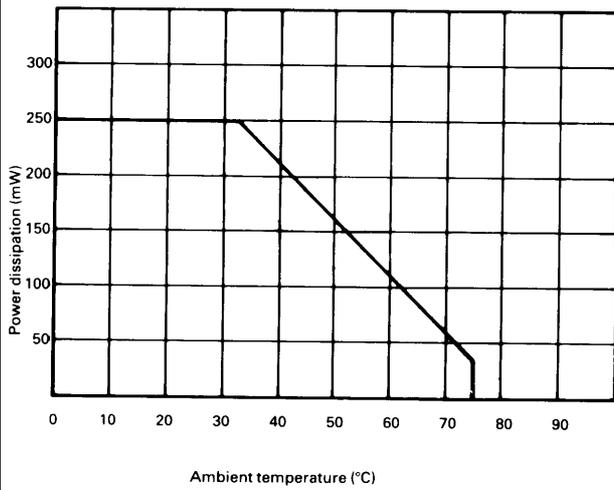
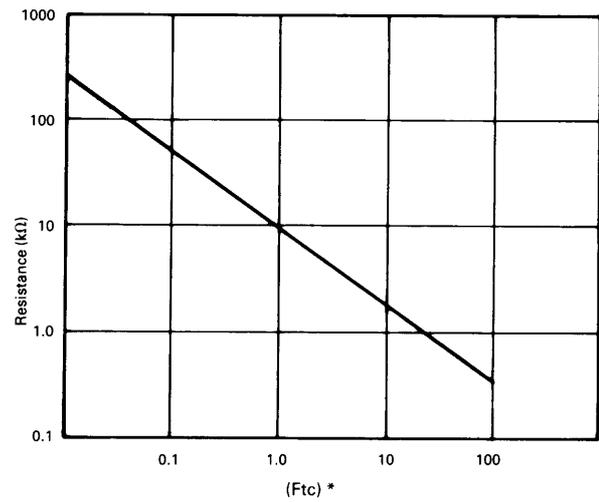
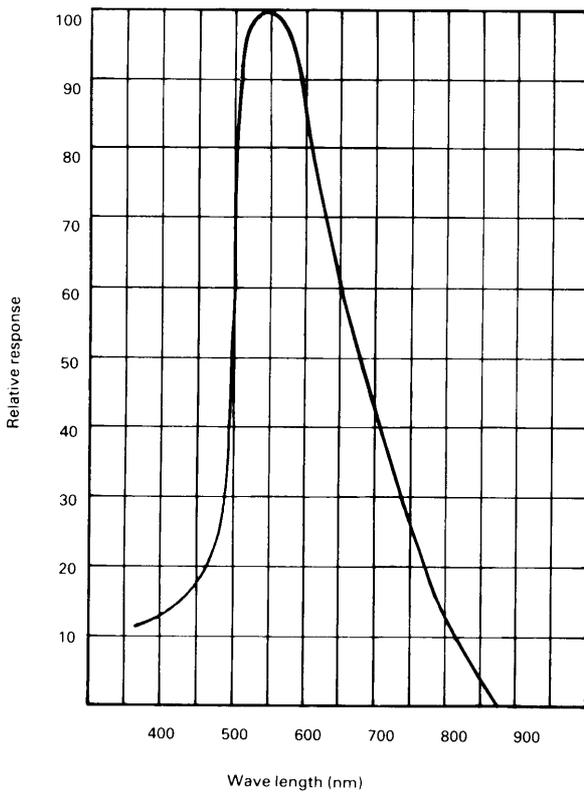


Figure 3 Resistance as a function of illumination



\*1Ftc=10.764 lumens

Figure 2 Spectral response



### Absolute maximum ratings

Voltage, ac or dc peak \_\_\_\_\_ 100V  
 Current \_\_\_\_\_ 5mA  
 Power dissipation at 25°C \_\_\_\_\_ 50mW\*  
 Operating temperature range \_\_\_\_\_ -25°C +75°C

\*Derate linearly from 50mW at 25°C to 0W at 75°C.

### Electrical characteristics

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	10 lux	20	-	100	kΩ
	100 lux	-	5	-	kΩ
Dark resistance	10 lux after 10 sec	20	-	-	MΩ
Spectral response	-	-	550	-	nm
Rise time	10ftc	-	45	-	ms
Fall time	10ftc	-	55	-	ms

Figure 4 Resistance as a function illumination

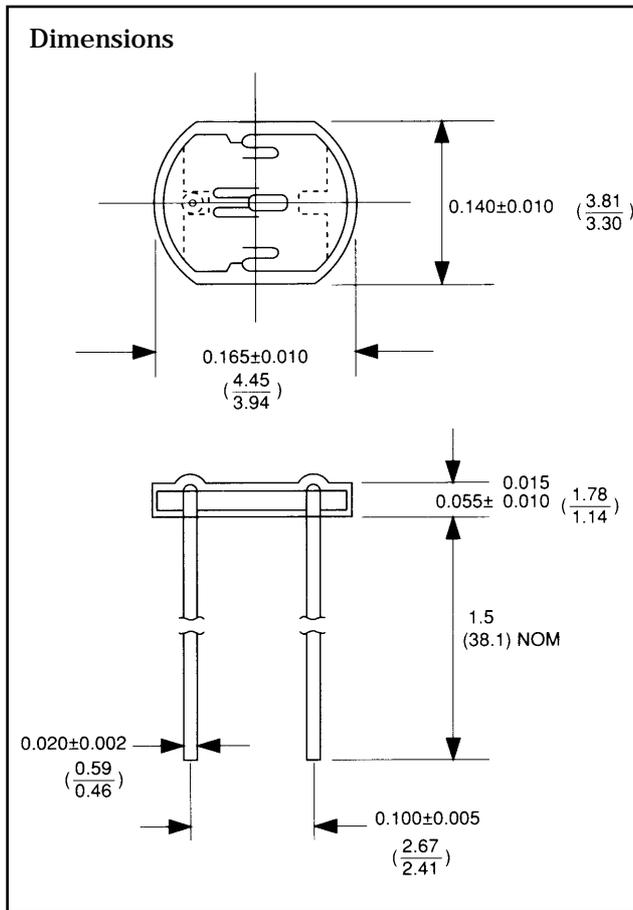
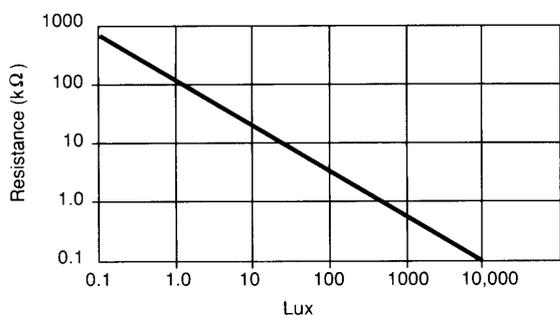
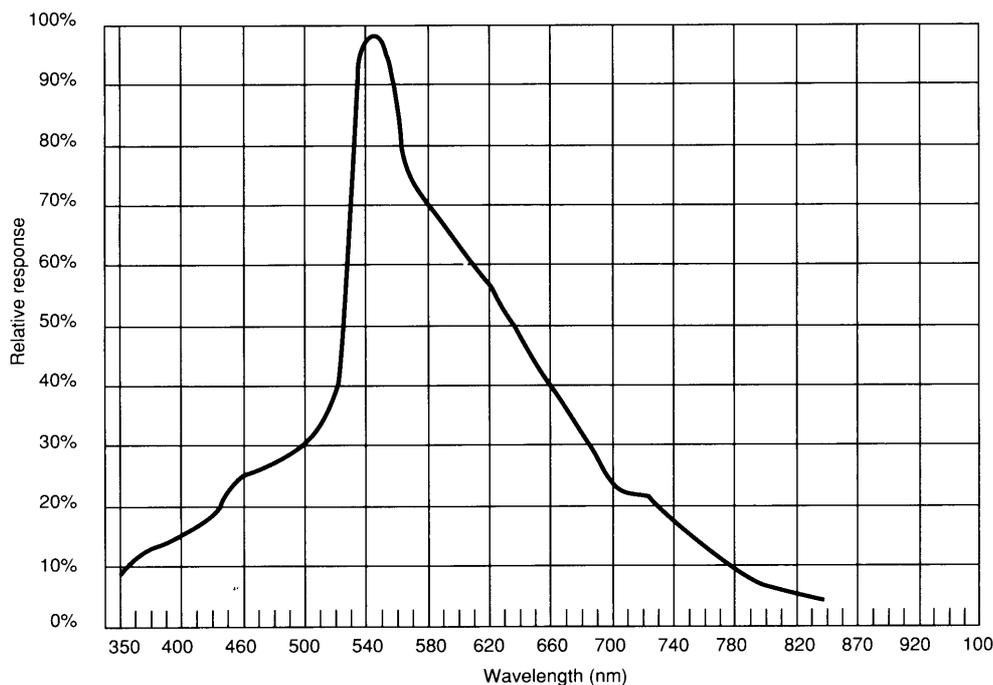
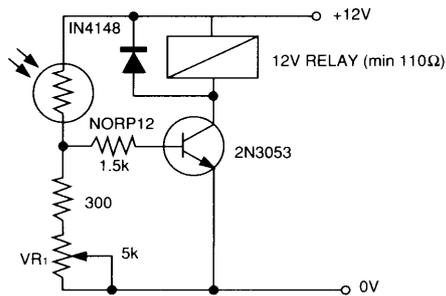


Figure 5 Spectral response



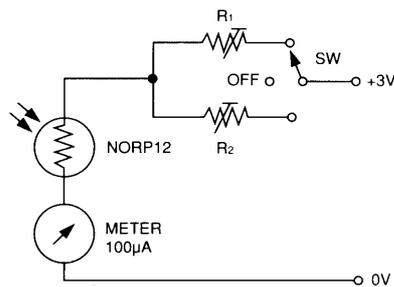
Typical application circuits

Figure 6 Sensitive light operated relay



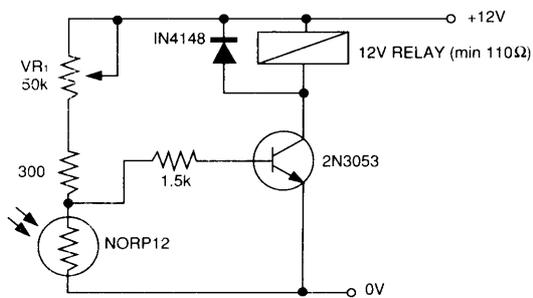
Relay energised when light level increases above the level set by VR<sub>1</sub>

Figure 9 Logarithmic law photographic light meter



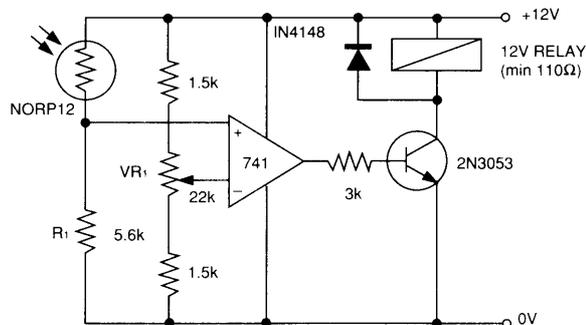
Typical value R<sup>1</sup> = 100kΩ  
R<sup>2</sup> = 200kΩ preset to give two overlapping ranges.  
(Calibration should be made against an accurate meter.)

Figure 7 Light interruption detector



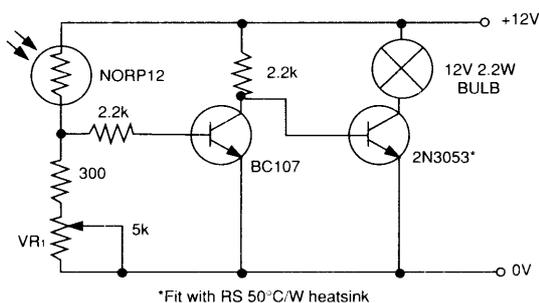
As Figure 6 relay energised when light level drops below the level set by VR<sub>1</sub>

Figure 10 Extremely sensitive light operated relay



(Relay energised when light exceeds preset level.)  
Incorporates a balancing bridge and op-amp. R<sub>1</sub> and NORP12 may be interchanged for the reverse function.

Figure 8 Automatic light circuit



\*Fit with RS 50°C/W heatsink

Adjust turn-on point with VR<sub>1</sub>

The information provided in RS technical literature is believed to be accurate and reliable; however, RS Components assumes no responsibility for inaccuracies or omissions, or for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. No responsibility is assumed by RS Components for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. Specifications shown in RS Components technical literature are subject to change without notice.



# LM135/LM235/LM335, LM135A/LM235A/LM335A

## Precision Temperature Sensors

### General Description

The LM135 series are precision, easily-calibrated, integrated circuit temperature sensors. Operating as a 2-terminal zener, the LM135 has a breakdown voltage directly proportional to absolute temperature at +10 mV/°K. With less than 1Ω dynamic impedance the device operates over a current range of 400 μA to 5 mA with virtually no change in performance. When calibrated at 25°C the LM135 has typically less than 1°C error over a 100°C temperature range. Unlike other sensors the LM135 has a linear output.

Applications for the LM135 include almost any type of temperature sensing over a -55°C to +150°C temperature range. The low impedance and linear output make interfacing to readout or control circuitry especially easy.

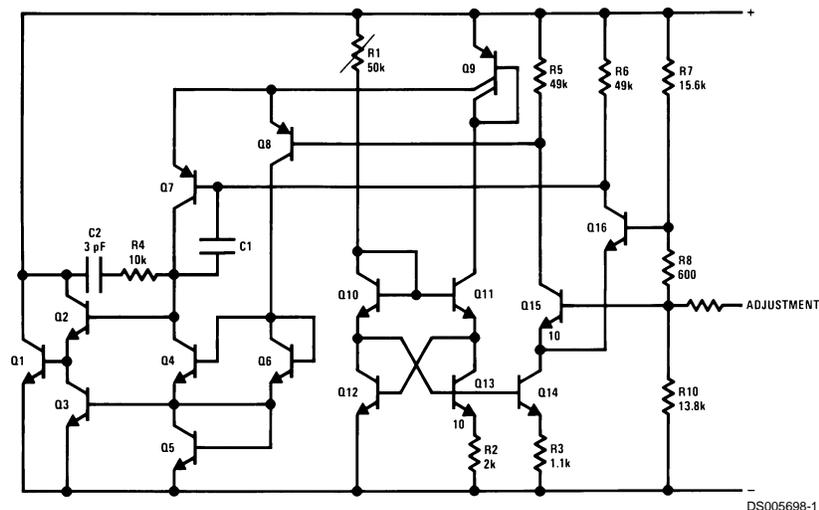
The LM135 operates over a -55°C to +150°C temperature range while the LM235 operates over a -40°C to +125°C

temperature range. The LM335 operates from -40°C to +100°C. The LM135/LM235/LM335 are available packaged in hermetic TO-46 transistor packages while the LM335 is also available in plastic TO-92 packages.

### Features

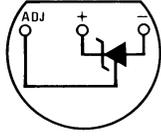
- Directly calibrated in °Kelvin
- 1°C initial accuracy available
- Operates from 400 μA to 5 mA
- Less than 1Ω dynamic impedance
- Easily calibrated
- Wide operating temperature range
- 200°C overrange
- Low cost

### Schematic Diagram



## Connection Diagrams

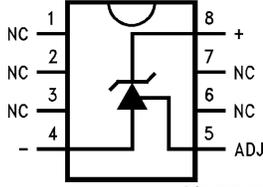
**TO-92**  
Plastic Package



DS005698-8

**Bottom View**  
**Order Number LM335Z**  
**or LM335AZ**  
**See NS Package**  
**Number Z03A**

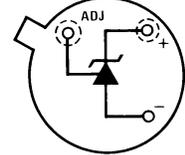
**SO-8**  
Surface Mount Package



DS005698-25

**Order Number LM335M**  
**See NS Package**  
**Number M08A**

**TO-46**  
Metal Can Package\*



DS005698-26

\*Case is connected to negative pin

**Bottom View**  
**Order Number LM135H,**  
**LM135H-MIL, LM235H,**  
**LM335H, LM135AH,**  
**LM235AH or LM335AH**  
**See NS Package**  
**Number H03H**

**Absolute Maximum Ratings** (Note 4)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	
TO-46 Package	-60°C to +180°C
TO-92 Package	-60°C to +150°C
SO-8 Package	-65°C to +150°C

## Specified Operating Temp. Range

	Continuous	Intermittent (Note 2)
LM135, LM135A	-55°C to +150°C	150°C to 200°C
LM235, LM235A	-40°C to +125°C	125°C to 150°C
LM335, LM335A	-40°C to +100°C	100°C to 125°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)		
TO-92 Package:		260°C
TO-46 Package:		300°C
SO-8 Package:		300°C
Vapor Phase (60 seconds):		215°C
Infrared (15 seconds):		220°C

**Temperature Accuracy** (Note 1)

LM135/LM235, LM135A/LM235A

Parameter	Conditions	LM135A/LM235A			LM135/LM235			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}$ , $I_R = 1\text{ mA}$	2.97	2.98	2.99	2.95	2.98	3.01	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}$ , $I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	3	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$ , $I_R = 1\text{ mA}$		1.3	2.7		2	5	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$ , $I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1		0.5	1.5	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	0.5		0.3	1	°C

**Temperature Accuracy** (Note 1)

LM335, LM335A

Parameter	Conditions	LM335A			LM335			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage	$T_C = 25^\circ\text{C}$ , $I_R = 1\text{ mA}$	2.95	2.98	3.01	2.92	2.98	3.04	V
Uncalibrated Temperature Error	$T_C = 25^\circ\text{C}$ , $I_R = 1\text{ mA}$		1	3		2	6	°C
Uncalibrated Temperature Error	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$ , $I_R = 1\text{ mA}$		2	5		4	9	°C
Temperature Error with 25°C Calibration	$T_{\text{MIN}} \leq T_C \leq T_{\text{MAX}}$ , $I_R = 1\text{ mA}$		0.5	1		1	2	°C
Calibrated Error at Extended Temperatures	$T_C = T_{\text{MAX}}$ (Intermittent)		2			2		°C
Non-Linearity	$I_R = 1\text{ mA}$		0.3	1.5		0.3	1.5	°C

**Electrical Characteristics** (Note 1)

Parameter	Conditions	LM135/LM235 LM135A/LM235A			LM335 LM335A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Operating Output Voltage Change with Current	$400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 5\text{ mA}$ At Constant Temperature		2.5	10		3	14	mV
Dynamic Impedance	$I_R = 1\text{ mA}$		0.5			0.6		$\Omega$
Output Voltage Temperature Coefficient			+10			+10		mV/°C
Time Constant	Still Air		80			80		sec
	100 ft/Min Air		10			10		sec
	Stirred Oil		1			1		sec
Time Stability	$T_C = 125^\circ\text{C}$		0.2			0.2		°C/khr

## Electrical Characteristics (Note 1) (Continued)

**Note 1:** Accuracy measurements are made in a well-stirred oil bath. For other conditions, self heating must be considered.

**Note 2:** Continuous operation at these temperatures for 10,000 hours for H package and 5,000 hours for Z package may decrease life expectancy of the device.

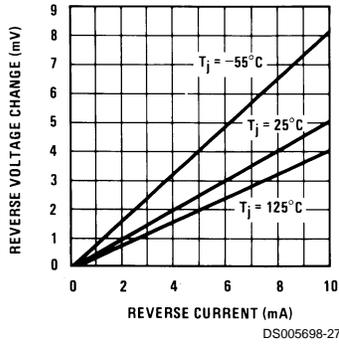
**Note 3:**

Thermal Resistance	TO-92	TO-46	SO-8
$\theta_{JA}$ (junction to ambient)	202°C/W	400°C/W	165°C/W
$\theta_{JC}$ (junction to case)	170°C/W	N/A	N/A

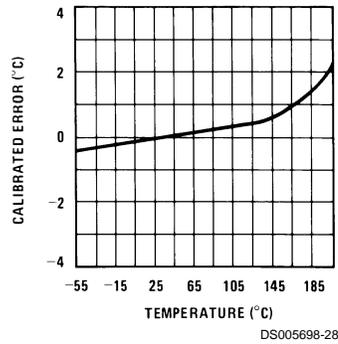
**Note 4:** Refer to RETS135H for military specifications.

## Typical Performance Characteristics

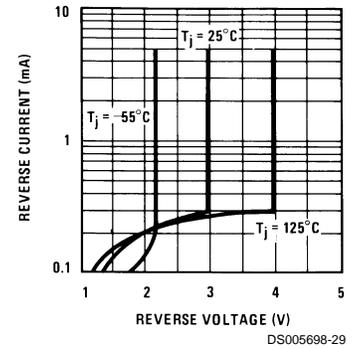
**Reverse Voltage Change**



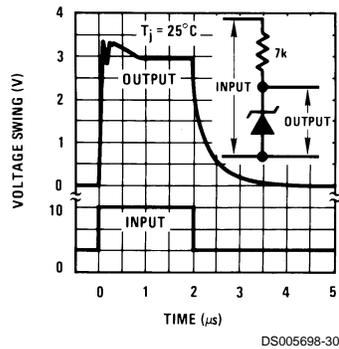
**Calibrated Error**



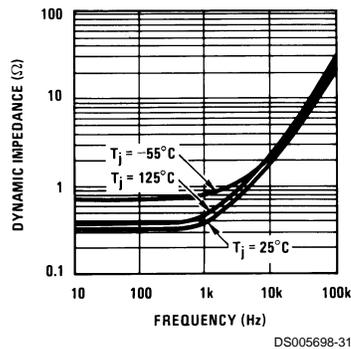
**Reverse Characteristics**



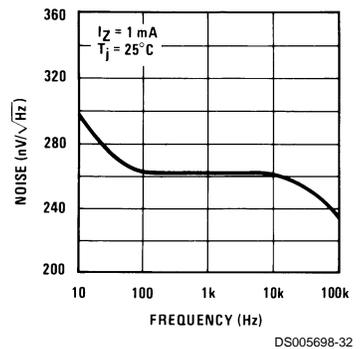
**Response Time**



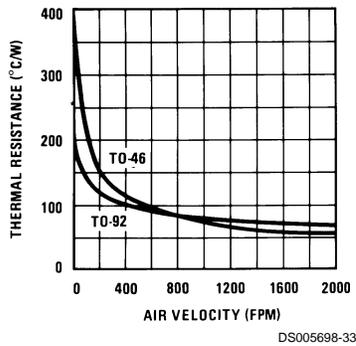
**Dynamic Impedance**



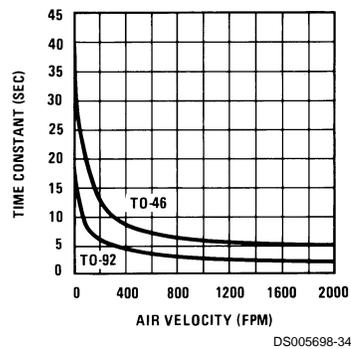
**Noise Voltage**



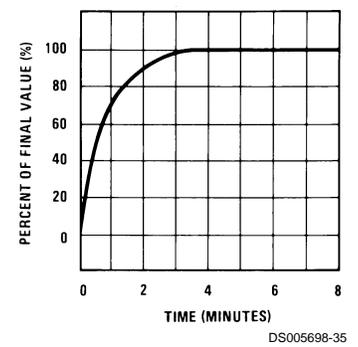
**Thermal Resistance Junction to Air**



**Thermal Time Constant**

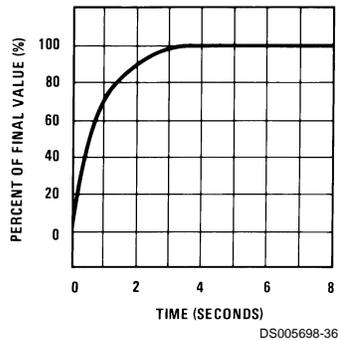


**Thermal Response in Still Air**

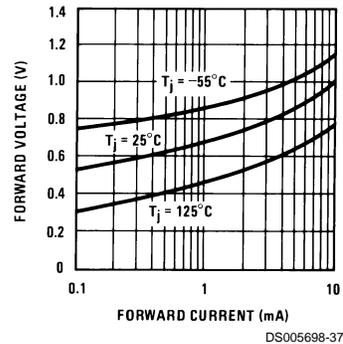


## Typical Performance Characteristics (Continued)

**Thermal Response in Stirred Oil Bath**



**Forward Characteristics**



## Application Hints

### CALIBRATING THE LM135

Included on the LM135 chip is an easy method of calibrating the device for higher accuracies. A pot connected across the LM135 with the arm tied to the adjustment terminal allows a 1-point calibration of the sensor that corrects for inaccuracy over the full temperature range.

This single point calibration works because the output of the LM135 is proportional to absolute temperature with the extrapolated output of sensor going to 0V output at 0°K (-273.15°C). Errors in output voltage versus temperature are only slope (or scale factor) errors so a slope calibration at one temperature corrects at all temperatures.

The output of the device (calibrated or uncalibrated) can be expressed as:

$$V_{OUT_T} = V_{OUT_{T_0}} \times \frac{T}{T_0}$$

where T is the unknown temperature and T<sub>0</sub> is a reference temperature, both expressed in degrees Kelvin. By calibrating the output to read correctly at one temperature the output at all temperatures is correct. Nominally the output is calibrated at 10 mV/°K.

To insure good sensing accuracy several precautions must be taken. Like any temperature sensing device, self heating can reduce accuracy. The LM135 should be operated at the lowest current suitable for the application. Sufficient current, of course, must be available to drive both the sensor and the calibration pot at the maximum operating temperature as well as any external loads.

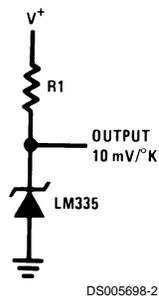
If the sensor is used in an ambient where the thermal resistance is constant, self heating errors can be calibrated out. This is possible if the device is run with a temperature stable current. Heating will then be proportional to zener voltage and therefore temperature. This makes the self heating error proportional to absolute temperature the same as scale factor errors.

### WATERPROOFING SENSORS

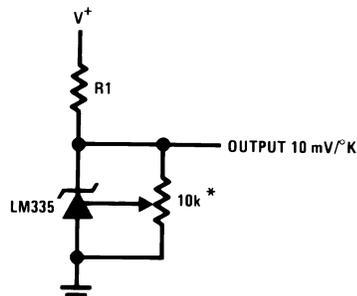
Meltable inner core heat shrinkable tubing such as manufactured by Raychem can be used to make low-cost waterproof sensors. The LM335 is inserted into the tubing about 1/2" from the end and the tubing heated above the melting point of the core. The unfilled 1/2" end melts and provides a seal over the device.

## Typical Applications

**Basic Temperature Sensor**

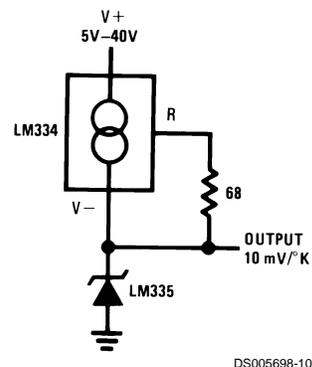


**Calibrated Sensor**



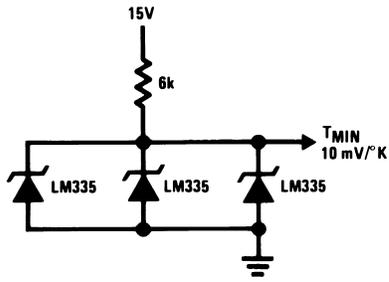
\*Calibrate for 2.982V at 25°C

**Wide Operating Supply**



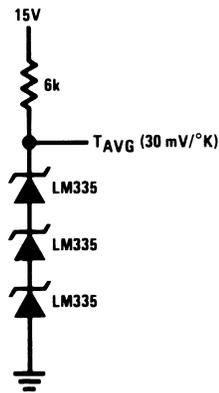
## Typical Applications (Continued)

### Minimum Temperature Sensing



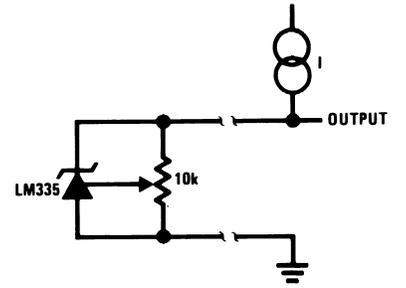
DS005698-4

### Average Temperature Sensing



DS005698-18

### Remote Temperature Sensing



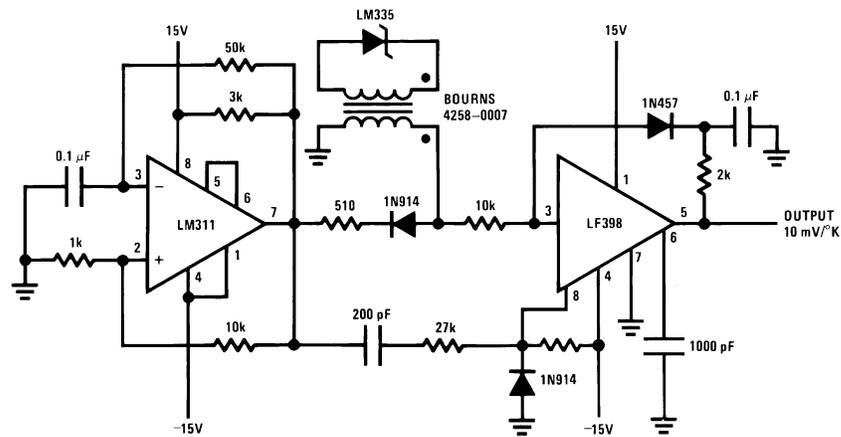
DS005698-19

Wire length for 1°C error due to wire drop

AWG	$I_R = 1$	$I_R = 0.5 \text{ mA}^*$
	FEET	FEET
14	4000	8000
16	2500	5000
18	1600	3200
20	1000	2000
22	625	1250
24	400	800

\*For  $I_R = 0.5 \text{ mA}$ , the trim pot must be deleted.

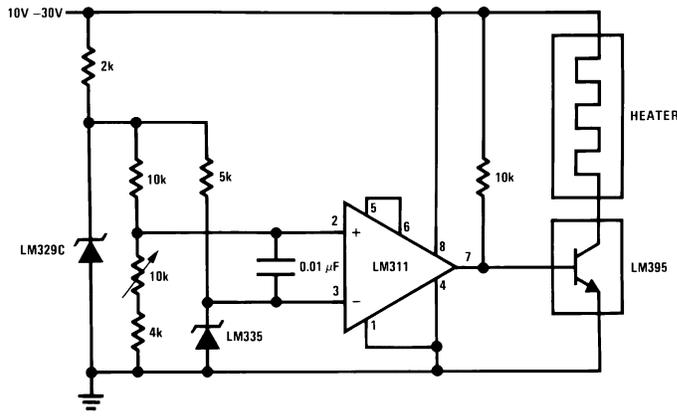
### Isolated Temperature Sensor



DS005698-20

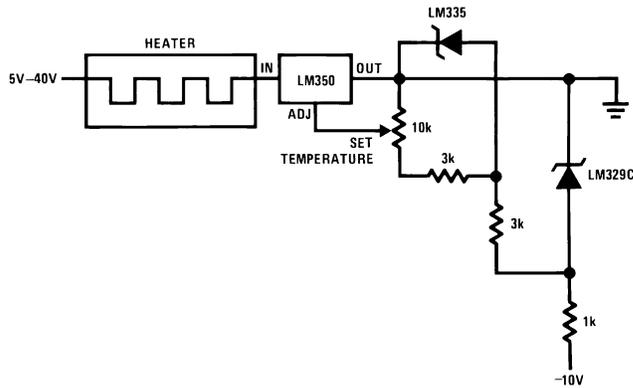
Typical Applications (Continued)

Simple Temperature Controller



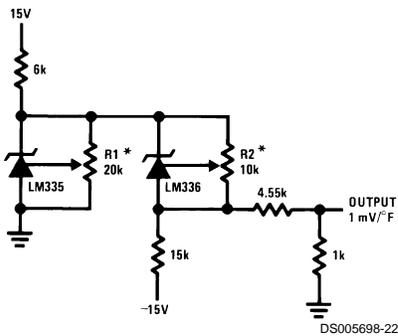
DS005698-5

Simple Temperature Control



DS005698-21

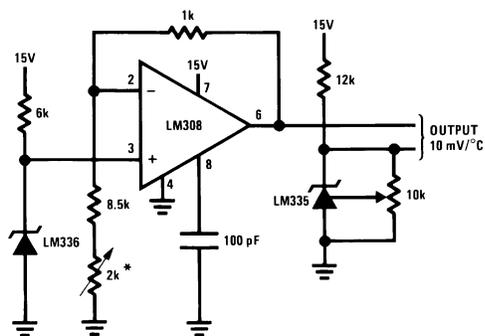
Ground Referred Fahrenheit Thermometer



DS005698-22

\*Adjust R2 for 2.554V across LM336.  
Adjust R1 for correct output.

Centigrade Thermometer

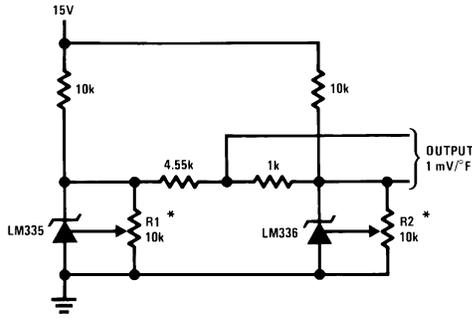


DS005698-23

\*Adjust for 2.7315V at output of LM308

## Typical Applications (Continued)

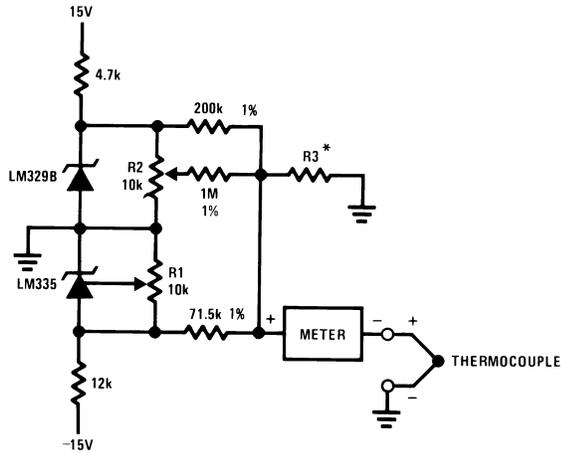
### Fahrenheit Thermometer



DS005698-24

\*To calibrate adjust R2 for 2.554V across LM336.  
Adjust R1 for correct output.

### THERMOCOUPLE COLD JUNCTION COMPENSATION Compensation for Grounded Thermocouple



DS005698-6

\*Select R3 for proper thermocouple type

THERMO- COUPLE	R3 (±1%)	SEEBECK COEFFICIENT
J	377Ω	52.3 μV/°C
T	308Ω	42.8 μV/°C
K	293Ω	40.8 μV/°C
S	45.8Ω	6.4 μV/°C

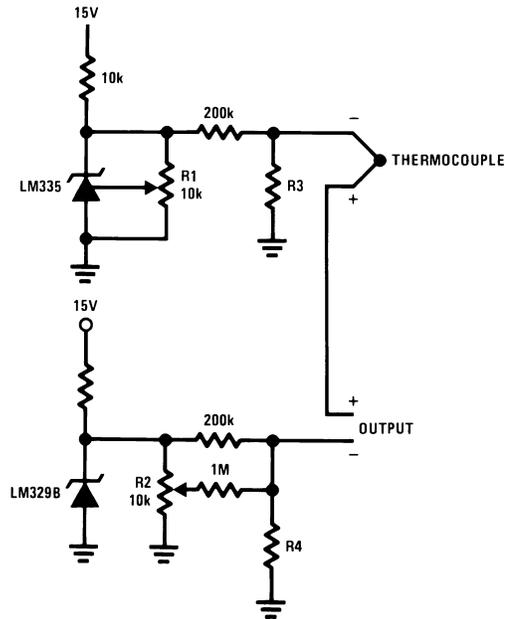
**Adjustments:** Compensates for both sensor and resistor tolerances

1. Short LM329B
2. Adjust R1 for Seebeck Coefficient times ambient temperature (in degrees K) across R3.
3. Short LM335 and adjust R2 for voltage across R3 corresponding to thermocouple type

J	14.32 mV	K	11.17 mV
T	11.79 mV	S	1.768 mV

## Typical Applications (Continued)

### Single Power Supply Cold Junction Compensation



DS005698-11

\*Select R3 and R4 for thermocouple type

THERMO- COUPLE	R3	R4	SEEBECK COEFFICIENT
J	1.05K	385Ω	52.3 μV/°C
T	856Ω	315Ω	42.8 μV/°C
K	816Ω	300Ω	40.8 μV/°C
S	128Ω	46.3Ω	6.4 μV/°C

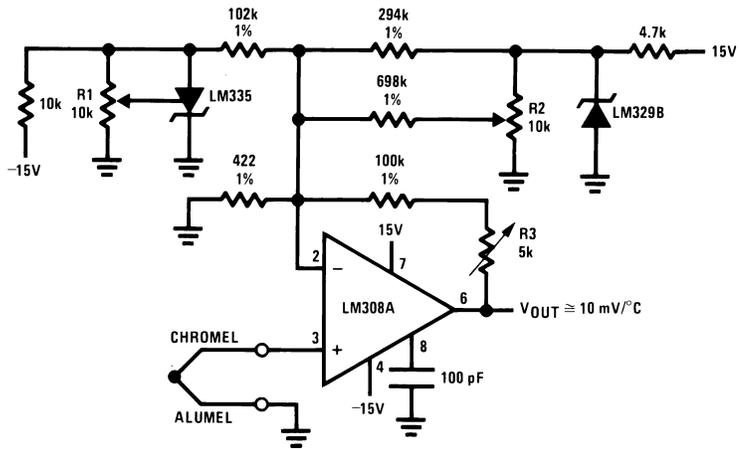
**Adjustments:**

1. Adjust R1 for the voltage across R3 equal to the Seebeck Coefficient times ambient temperature in degrees Kelvin.
2. Adjust R2 for voltage across R4 corresponding to thermocouple

J	14.32 mV
T	11.79 mV
K	11.17 mV
S	1.768 mV

## Typical Applications (Continued)

### Centigrade Calibrated Thermocouple Thermometer



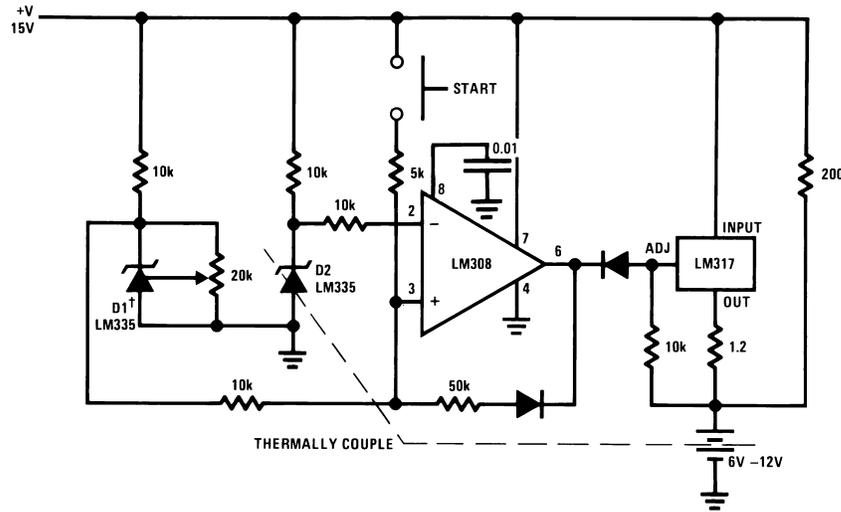
DS005698-12

Terminate thermocouple reference junction in close proximity to LM335.

#### Adjustments:

1. Apply signal in place of thermocouple and adjust R3 for a gain of 245.7.
2. Short non-inverting input of LM308A and output of LM329B to ground.
3. Adjust R1 so that  $V_{OUT} = 2.982V @ 25^{\circ}C$ .
4. Remove short across LM329B and adjust R2 so that  $V_{OUT} = 246 mV @ 25^{\circ}C$ .
5. Remove short across thermocouple.

### Fast Charger for Nickel-Cadmium Batteries

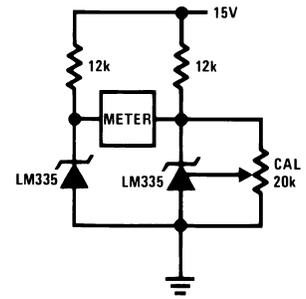


DS005698-13

†Adjust D1 to 50 mV greater  $V_Z$  than D2.

Charge terminates on 5°C temperature rise. Couple D2 to battery.

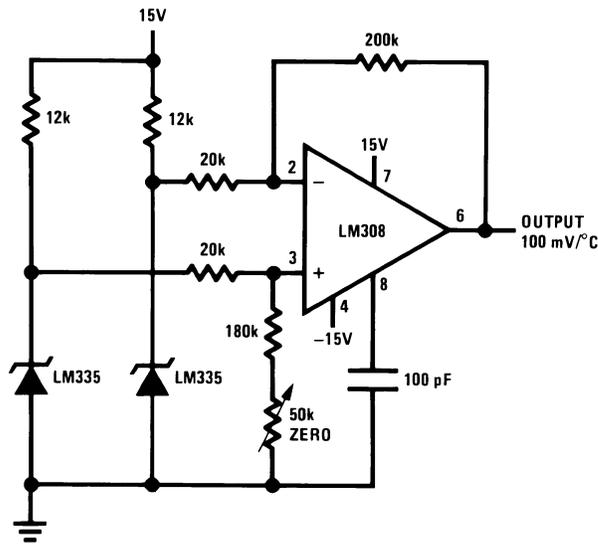
### Differential Temperature Sensor



DS005698-7

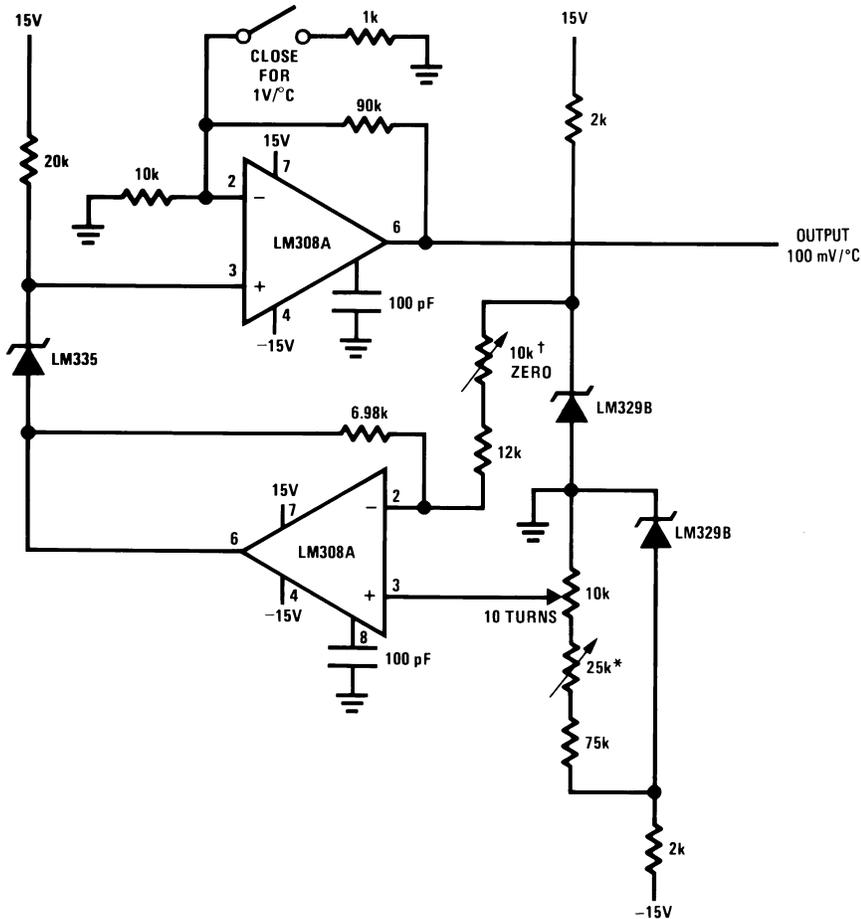
Typical Applications (Continued)

Differential Temperature Sensor



DS005698-14

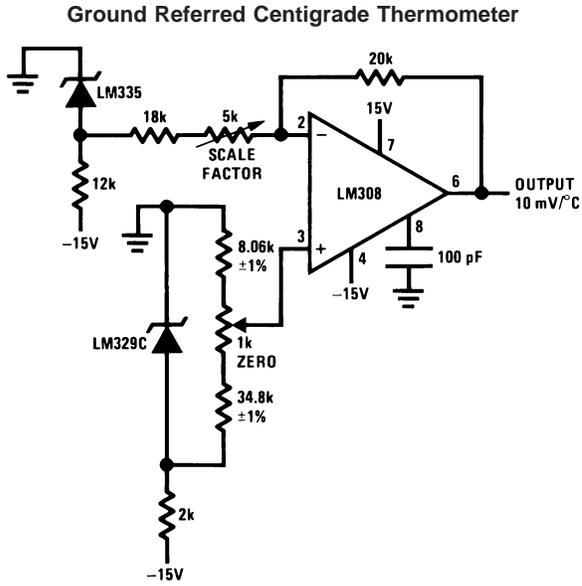
Variable Offset Thermometer



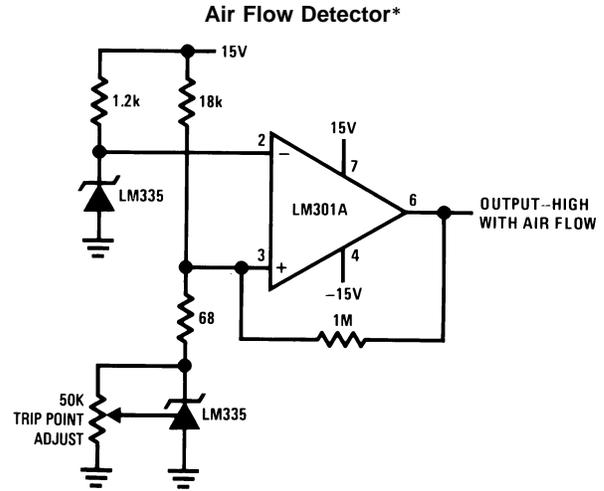
DS005698-15

†Adjust for zero with sensor at 0°C and 10T pot set at 0°C  
 \*Adjust for zero output with 10T pot set at 100°C and sensor at 100°C  
 Output reads difference between temperature and dial setting of 10T pot

## Typical Applications (Continued)



DS005698-16



DS005698-17

\*Self heating is used to detect air flow

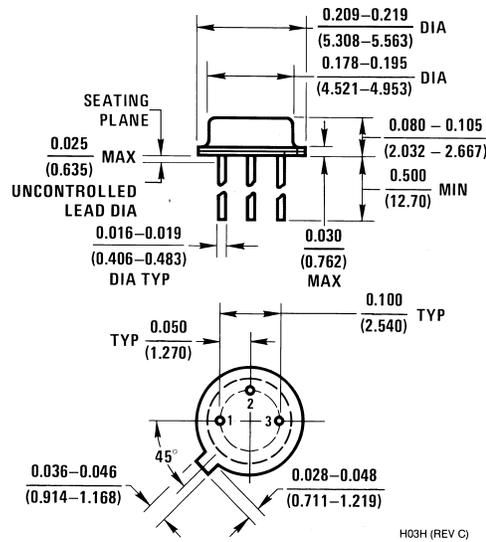
## Definition of Terms

**Operating Output Voltage:** The voltage appearing across the positive and negative terminals of the device at specified conditions of operating temperature and current.

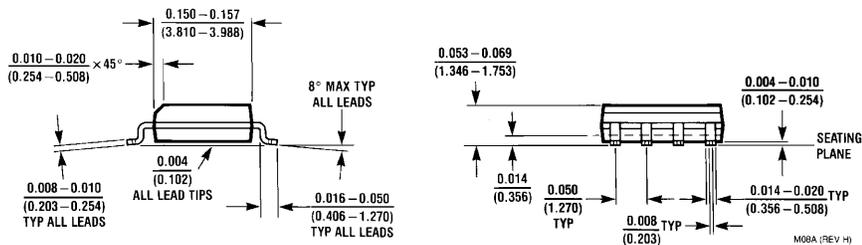
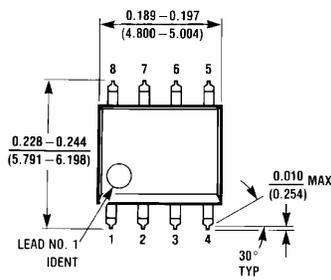
**Uncalibrated Temperature Error:** The error between the operating output voltage at 10 mV/°K and case temperature at specified conditions of current and case temperature.

**Calibrated Temperature Error:** The error between operating output voltage and case temperature at 10 mV/°K over a temperature range at a specified operating current with the 25°C error adjusted to zero.

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted

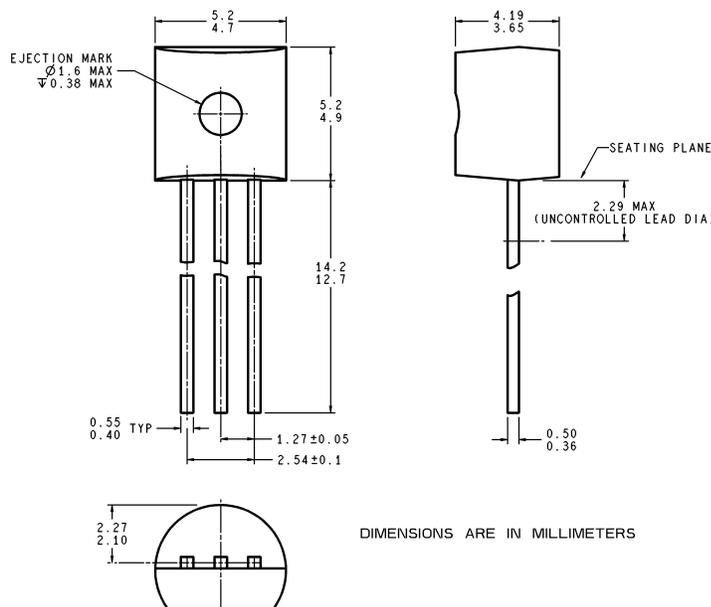


**Metal Can Package (H)**  
 Order Number LM135H, LM235H, LM335H, LM135AH, LM235AH or LM335AH  
 NS Package Number H03H



**8-Lead Molded Small Outline Package (M)**  
 Order Number LM335M  
 NS Package Number M08A

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Z03A (Rev 6)

**Plastic Package**  
**Order Number LM335Z or LM335AZ**  
**NS Package Z03A**

**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



**National Semiconductor Corporation**  
 Americas  
 Tel: 1-800-272-9959  
 Fax: 1-800-737-7018  
 Email: support@nsc.com  
 www.national.com

**National Semiconductor Europe**  
 Fax: +49 (0) 180-530 85 86  
 Email: europe.support@nsc.com  
 Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208  
 English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171  
 Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

**National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group**  
 Tel: 65-2544466  
 Fax: 65-2504466  
 Email: ap.support@nsc.com

**National Semiconductor Japan Ltd.**  
 Tel: 81-3-5639-7560  
 Fax: 81-3-5639-7507

# MPX4250D

0 to 250 kPa, Differential, gauge pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated

Rev. 8.0 — 25 July 2017

Data sheet: technical data

## 1 General description

The MPX4250D series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high-level analog output signal that is proportional to the applied pressure. The small form factor and high reliability of on-chip integration make the NXP sensor a logical and economical choice for the automotive system engineer.

## 2 Features

- Differential and gauge applications available
- 1.4 % maximum error over 0 °C to 85 °C
- Patented silicon shear stress strain gauge
- Temperature compensated over –40 °C to +125 °C
- Offers reduction in weight and volume compared to existing hybrid modules
- Durable epoxy unibody element
- Available in two unibody packages

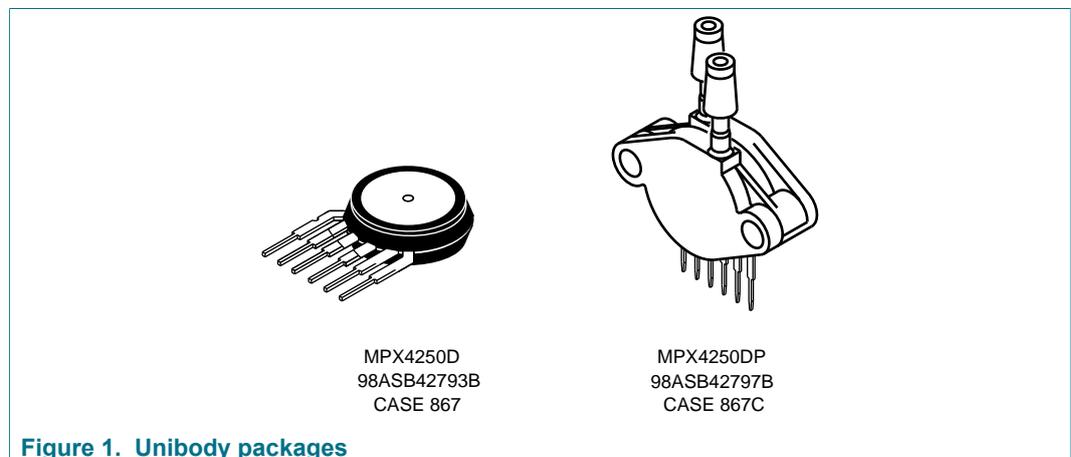


Figure 1. Unibody packages

## 3 Typical applications

- Ideally suited for microprocessor or microcontroller-based systems

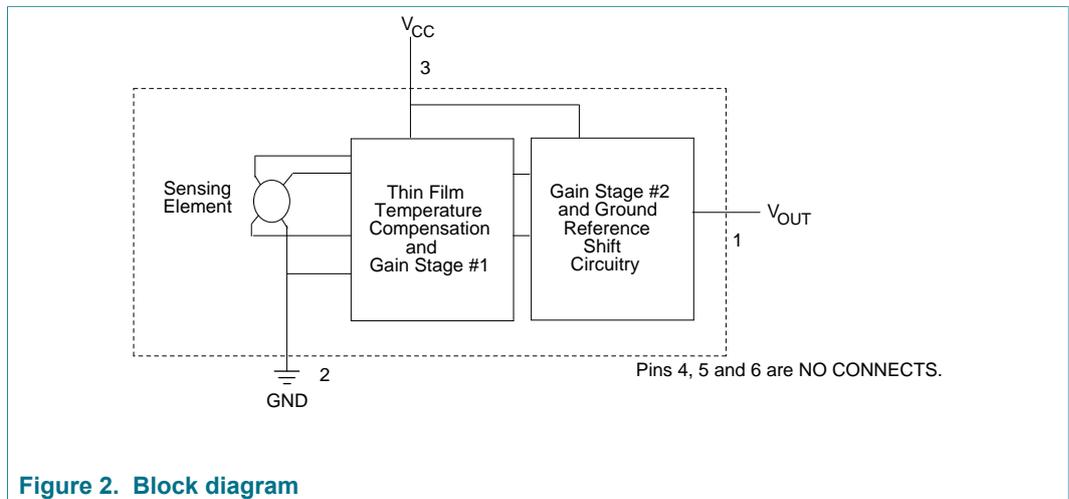
0 to 250 kPa, Differential, gauge pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated

## 4 Ordering information

Table 1. Ordering information

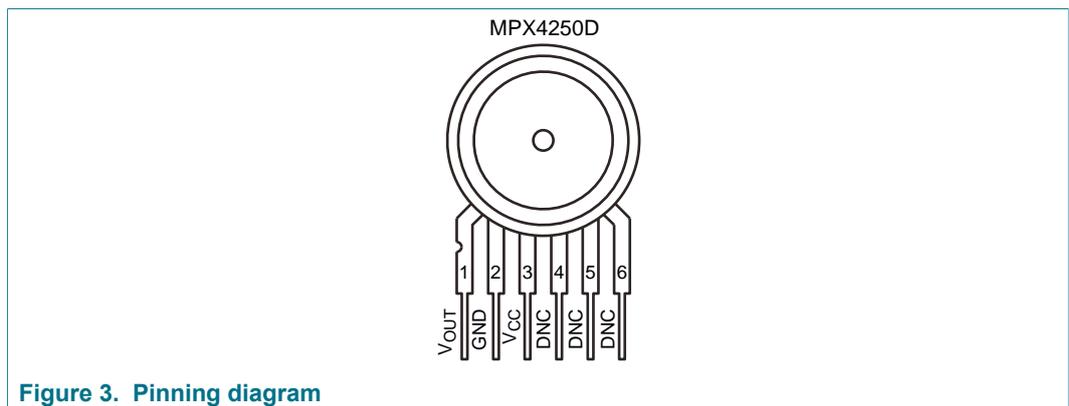
Device name	Package Options	Package Name	# of Ports			Pressure type			Device marking
			None	Single	Dual	Gauge	Differential	Absolute	
MPX4250D	Tray	98ASB42793B	•				•		MPX4250D
MPX4250DP	Tray	98ASB42797B			•		•		MPX4250DP

## 5 Block diagram



## 6 Pinning information

### 6.1 Pinning



## 6.2 Pin description

Table 2. Pin descriptions

Symbol	Pin	Description
V <sub>OUT</sub>	1	Output voltage
GND	2	Ground
V <sub>CC</sub>	3	Voltage supply
DNC	4	Do not connect to external circuitry or ground
DNC	5	Do not connect to external circuitry or ground
DNC	6	Do not connect to external circuitry or ground

## 7 Mechanical and electrical specifications

### 7.1 Maximum ratings

Table 3. Maximum ratings

Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum pressure (P1 > P2)	P <sub>MAX</sub>	1000	kPa
Storage temperature	T <sub>STG</sub>	-40 to +125	°C
Operating temperature	T <sub>A</sub>	-40 to +125	°C

Figure 2 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip.

### 7.2 Operating characteristics

Table 4. Operating characteristics

(V<sub>CC</sub> = 5.1 Vdc, T<sub>A</sub> = 25 °C unless otherwise noted, P1 > P2. Decoupling circuit shown in Figure 5 required to meet electrical specifications.)

Symbol	Characteristic	Min	Typ	Max	Unit
P <sub>OP</sub>	Pressure range <sup>[1]</sup>	0	—	250	kPa
V <sub>CC</sub>	Supply voltage <sup>[2]</sup>	4.85	5.1	5.35	Vdc
I <sub>o</sub>	Supply current	—	7.0	10	mAdc
V <sub>off</sub>	Minimum pressure offset <sup>[3]</sup> (0 °C to 85 °C)	0.139	0.204	0.269	Vdc
V <sub>FSO</sub>	Full scale output <sup>[4]</sup> (0 °C to 85 °C)	4.844	4.909	4.974	Vdc
V <sub>FSS</sub>	Full scale span <sup>[5]</sup> (0 °C to 85 °C)	—	4.705	—	Vdc
—	Accuracy <sup>[6]</sup> (0 °C to 85 °C)	—	—	±1.4	%V <sub>FSS</sub>
ΔV/ΔP	Sensitivity	—	18.8	—	mV/kPa
t <sub>R</sub>	Response time <sup>[7]</sup>	—	1.0	—	ms
I <sub>o+</sub>	Output source current at full scale output	—	0.1	—	mAdc

0 to 250 kPa, Differential, gauge pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated

Symbol	Characteristic	Min	Typ	Max	Unit
—	Warm-up time <sup>[8]</sup>	—	20	—	ms
—	Offset stability <sup>[9]</sup>	—	± 0.5	—	%V <sub>FSS</sub>

- [1] 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
- [2] Device is ratiometric within this specified excitation range.
- [3] Offset ( $V_{off}$ ) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
- [4] Full scale output ( $V_{FSO}$ ) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.
- [5] Full scale span ( $V_{FSS}$ ) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
- [6] Accuracy (error budget) consists of the following:
  - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
  - Temperature hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero pressure applied.
  - Pressure hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25 °C.
  - TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0 °C to 85 °C, relative to 25 °C.
  - TcOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0 °C to 85 °C, relative to 25 °C.
- Variation from nominal: The variation from nominal values, for offset or full scale span, as a percent of  $V_{FSS}$ , at 25 °C.
- [7] Response time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10 % to 90 % of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
- [8] Warm-up time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the pressure has been stabilized.
- [9] Offset stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of pulsed pressure, temperature cycling with bias test.

## 8 On-chip temperature compensation and calibration

Figure 4 illustrates the differential/gauge pressure sensing chip in the basic chip carrier (98ASB42793B). A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the sensor diaphragm.

The MPX4250D series pressure sensor operating characteristics and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media, other than dry air, may have adverse effects on sensor performance and long-term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.

Figure 5 shows the recommended decoupling circuit for interfacing the output of the integrated sensor to the A/D input of a microprocessor or microcontroller.

Figure 6 shows the sensor output signal relative to pressure input. Typical, minimum, and maximum output curves are shown for operation over a temperature range of 0 °C to 85 °C using the decoupling circuit shown in Figure 5. The output will saturate outside of the specified pressure range.

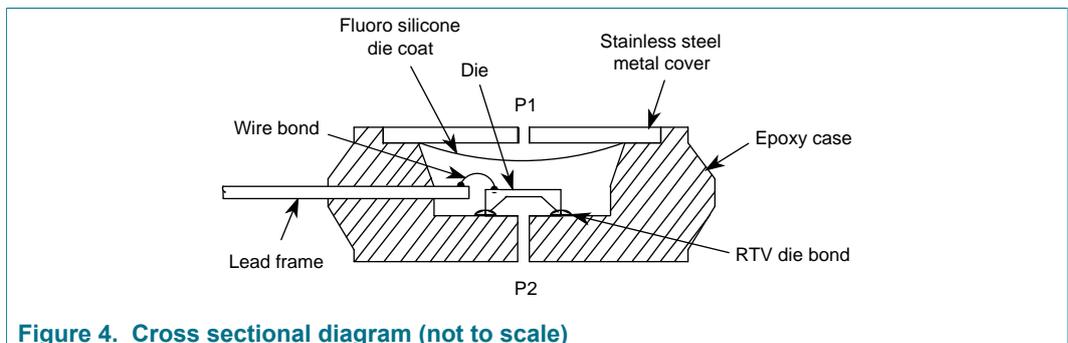
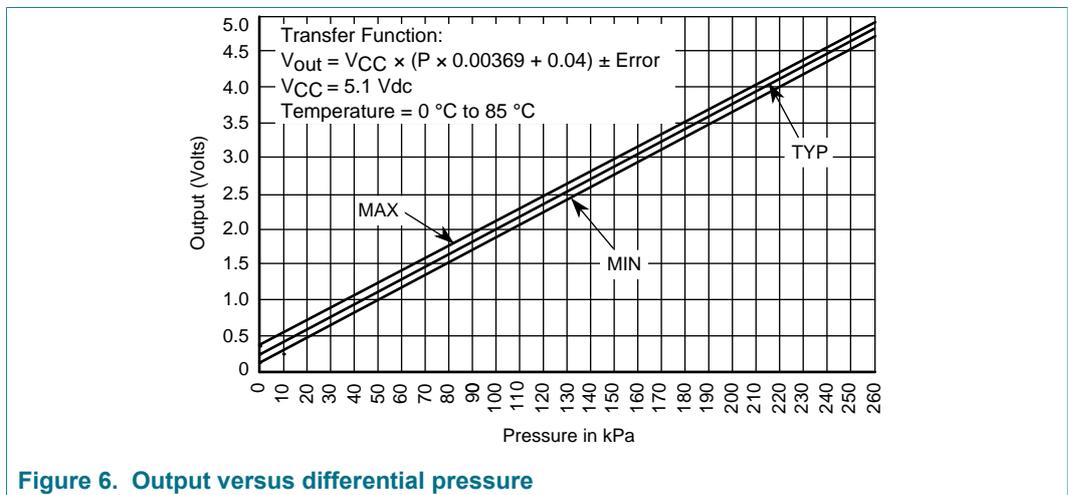
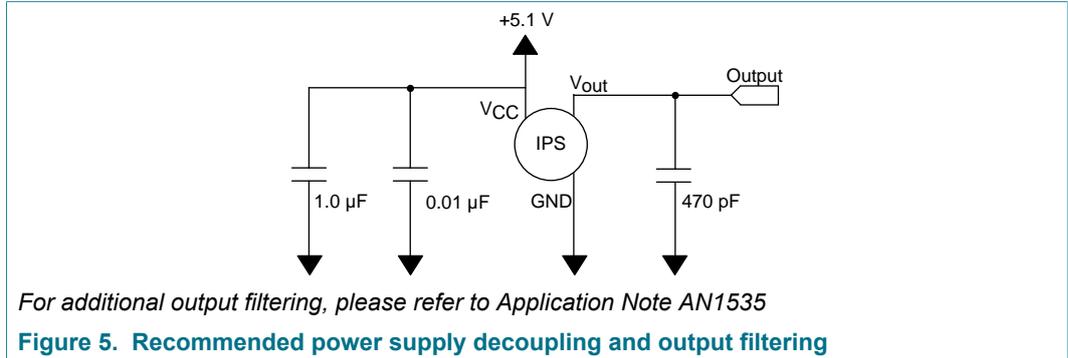


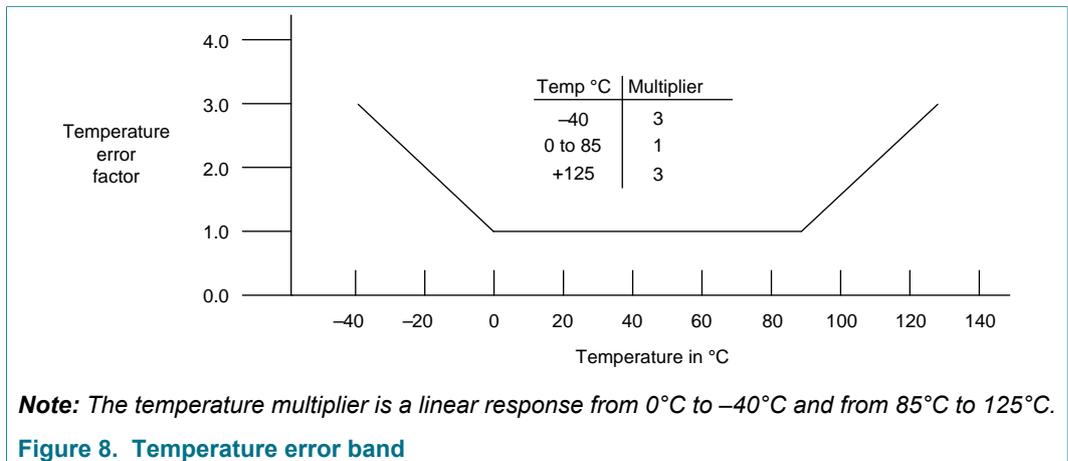
Figure 4. Cross sectional diagram (not to scale)

0 to 250 kPa, Differential, gauge pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated



Nominal transfer value:  $V_{OUT} = V_{CC} \times (P \times 0.00369 + 0.04) \pm (\text{Pressure Error} \times \text{Temp. Factor} \times 0.00369 \times V_{CC})$   
 $V_{CC} = 5.1 \pm 0.25 \text{ Vdc}$

**Figure 7. Transfer function**



0 to 250 kPa, Differential, gauge pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated

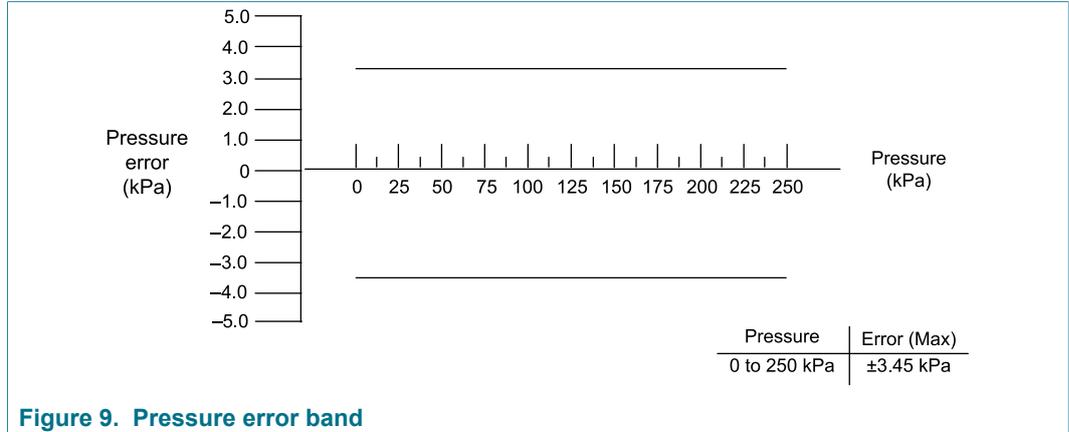


Figure 9. Pressure error band

## 9 Package information

### 9.1 Package description

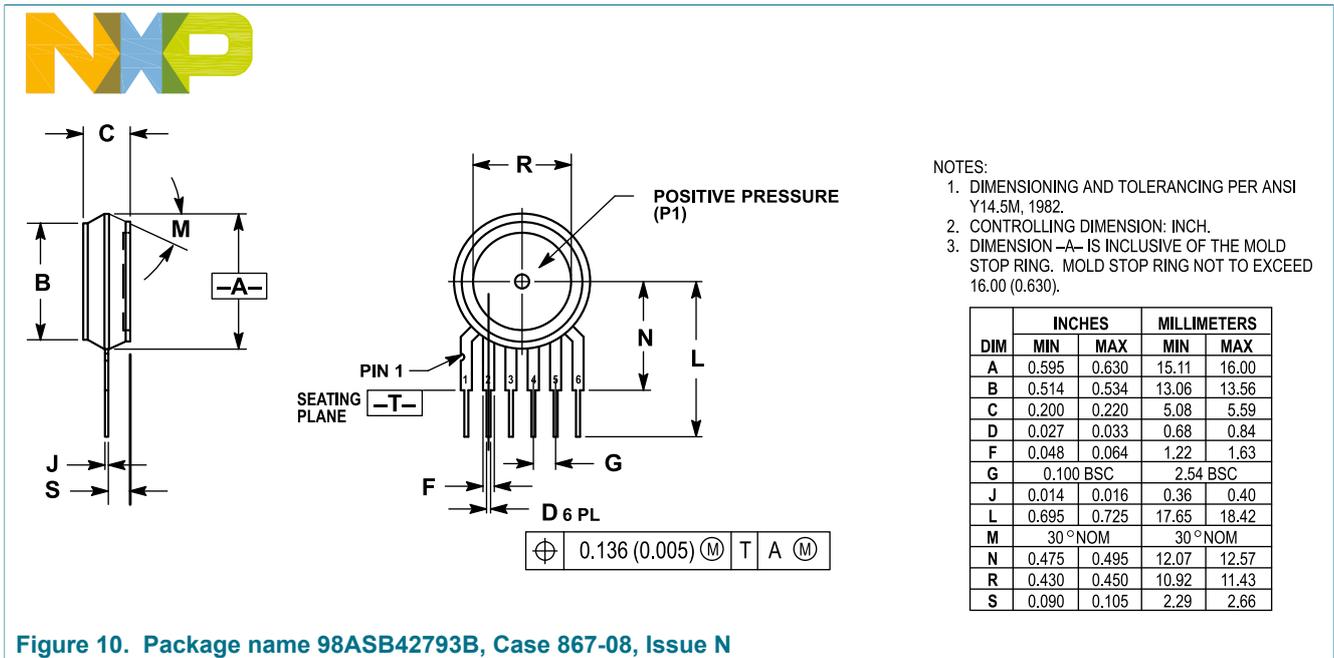
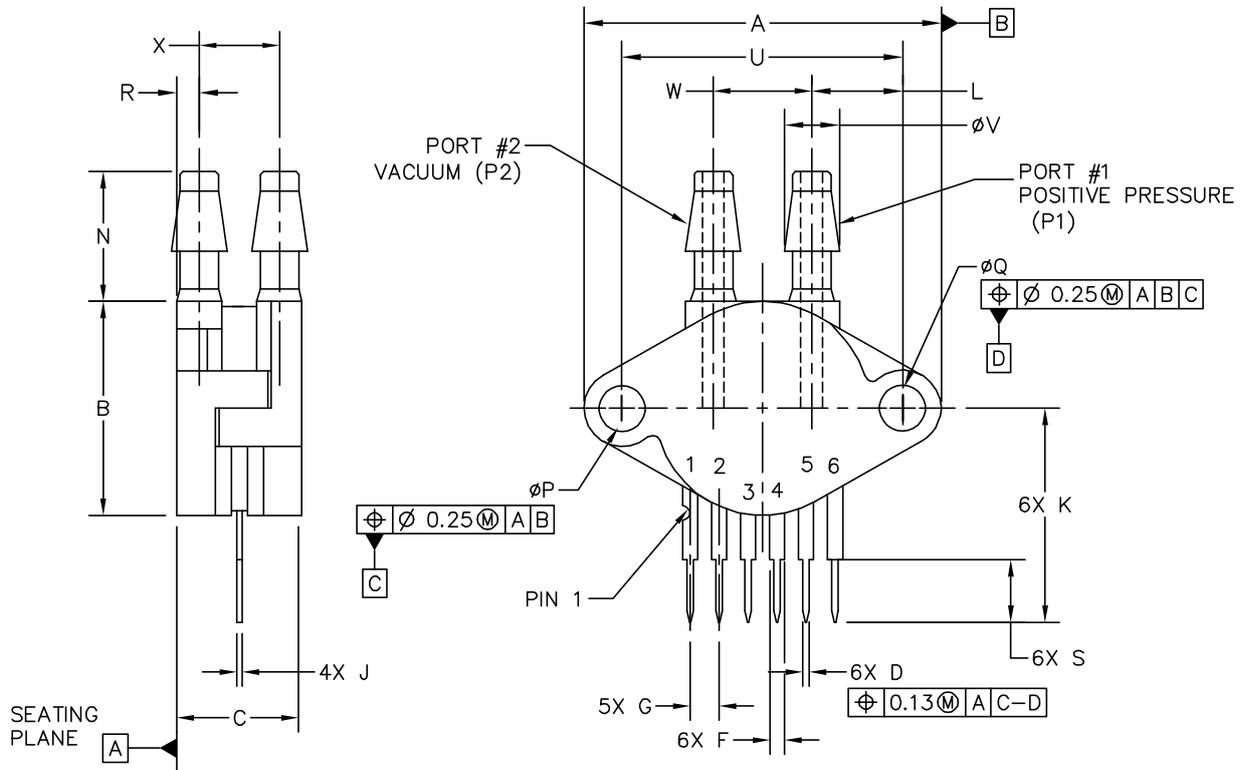


Figure 10. Package name 98ASB42793B, Case 867-08, Issue N

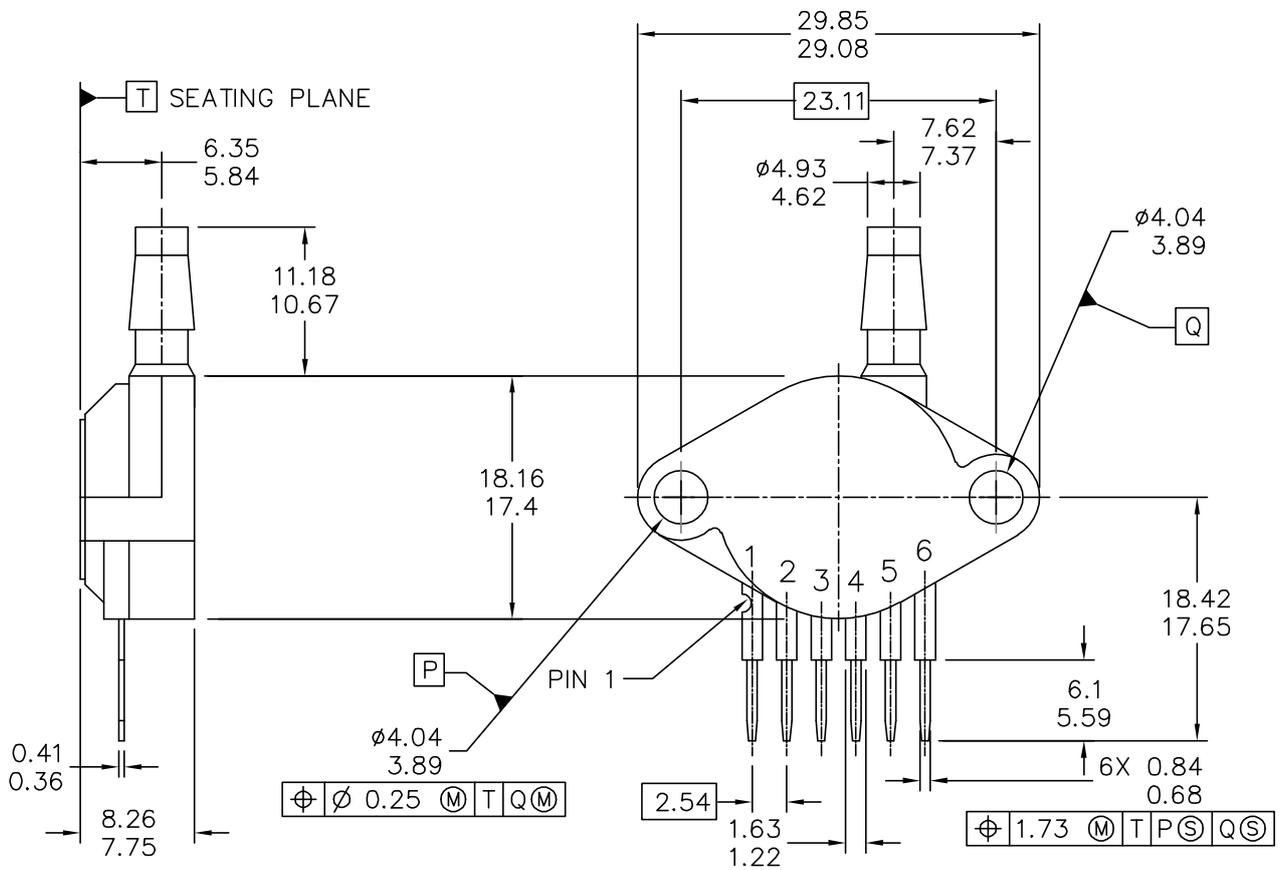


DIM	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX	DIM	MILLIMETERS MIN	MILLIMETERS MAX	NOTES: 1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. 2. DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M-1994. 3. 867C-01 THRU -04 OBSOLETE, NEW STANDARD 867C-05.
A	29.08	29.85	P	$\phi 3.89$	$\phi 4.04$	
B	17.40	18.16	Q	$\phi 3.89$	$\phi 4.04$	
C	10.29	11.05	R	1.60	2.11	
D	0.68	0.84	S	5.59	6.10	
F	1.22	1.63	U	23.11	BSC	
G	2.54	BSC	V	4.62	4.93	
J	0.36	0.41	W	7.87	8.38	
K	17.65	18.42	X	6.30	7.06	
L	7.37	7.62				
N	10.67	11.18				

© NXP SEMICONDUCTORS N.V. ALL RIGHTS RESERVED		MECHANICAL OUTLINE	PRINT VERSION NOT TO SCALE
TITLE: SENSOR, 4 LEAD UNIBODY		DOCUMENT NO: 98ASB42797B	REV: H
		STANDARD: NON-JEDEC	
		SOT1756-1	29 JAN 2016

Figure 11. Package name 98ASB42797B, Case 867C-05, Issue H

0 to 250 kPa, Differential, gauge pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated



© NXP SEMICONDUCTORS N.V. ALL RIGHTS RESERVED	<b>MECHANICAL OUTLINE</b>	PRINT VERSION NOT TO SCALE
TITLE: SENSOR, 6 LEAD UNIBODY CELL, AP & GP 01ASB09087B	DOCUMENT NO: 98ASB42796B	REV: J
	STANDARD: NON-JEDEC	
	SOT1852-1	15 MAR 2016



NOTES:

1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M-1994.
3. 867B-01 THRU -3 OBSOLETE, NEW STANDARD 867B-04.

© NXP SEMICONDUCTORS N.V. ALL RIGHTS RESERVED	MECHANICAL OUTLINE	PRINT VERSION NOT TO SCALE
TITLE: SENSOR, 6 LEAD UNIBODY CELL, AP & GP 01ASB09087B	DOCUMENT NO: 98ASB42796B	REV: J
	STANDARD: NON-JEDEC	
	SOT1852-1	15 MAR 2016

Figure 12. Package name 98ASB42796B, Case 867B-04, Issue J

## 10 Revision history

Table 5. Revision history

Document ID	Release date	Data sheet status	Change notice	Supersedes
MPX4250D v.8.0	20170725	Technical data	—	MPX4250 v.7.0
Modifications:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The format of this data sheet has been redesigned to comply with the new identity guidelines of NXP Semiconductors.</li> <li>• Legal texts have been adapted to the new company name where appropriate.</li> <li>• Revised "MPX4250" to "MPX4250D."</li> <li>• Updated the document title from "Integrated Silicon Pressure Sensor Manifold Absolute Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated" to "20 to 250 kPa, Manifold absolute pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated."</li> <li>• Added <a href="#">Figure 1 "Unibody packages"</a> in <a href="#">Section 2 "Features"</a>.</li> <li>• Updated <a href="#">Table 1 "Ordering information"</a> in <a href="#">Section 4 "Ordering information"</a>.</li> <li>• Revised <a href="#">Figure 2 "Block diagram "</a> in <a href="#">Section 5 "Block diagram"</a> as follows:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Changed <math>V_S</math> to <math>V_{CC}</math></li> <li>– Revised the note to read "Pins 4, 5 and 6 are NO CONNECTS"</li> </ul> </li> <li>• Added pinning illustration as <a href="#">Figure 3 "Pinning diagram"</a> in <a href="#">Section 6.1 "Pinning"</a>.</li> <li>• Added pin descriptions in <a href="#">Table 2 "Pin descriptions"</a> in <a href="#">Section 6.2 "Pin description"</a>.</li> <li>• Changed <math>V_S</math> to <math>V_{CC}</math> in the description and within the body of <a href="#">Table 4 "Operating characteristics"</a> in <a href="#">Section 7.2 "Operating characteristics"</a>.</li> <li>• Updated the figures in <a href="#">Section 8 "On-chip temperature compensation and calibration"</a> as follows:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– <a href="#">Figure 4 "Cross sectional diagram (not to scale)"</a></li> <li>– <a href="#">Figure 5 "Recommended power supply decoupling and output filtering"</a></li> <li>– <a href="#">Figure 6 "Output versus differential pressure"</a></li> <li>– <a href="#">Figure 7 "Transfer function"</a></li> <li>– <a href="#">Figure 9 "Pressure error band"</a></li> </ul> </li> <li>• Updated the figures and figure titles in <a href="#">Section 9.1 "Package description"</a> as follows:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– <a href="#">Figure 10 "Package name 98ASB42793B, Case 867-08, Issue N"</a></li> <li>– <a href="#">Figure 11 "Package name 98ASB42797B, Case 867C-05, Issue H"</a></li> <li>– <a href="#">Figure 12 "Package name 98ASB42796B, Case 867B-04, Issue J"</a></li> </ul> </li> </ul>			
MPX4250 v.7.0	20090131	Technical data	—	MPX4250 v.6.0

## 11 Legal information

### 11.1 Data sheet status

Document status <sup>[1][2]</sup>	Product status <sup>[3]</sup>	Definition
[short] Data sheet: product_preview	Development	This document contains certain information on a product under development. NXP reserves the right to change or discontinue this product without notice.
[short] Data sheet: advance information	Qualification	This document contains information on a new product. Specifications and information herein are subject to change without notice.
[short] Data sheet: technical data	Production	This document contains the product specification. NXP Semiconductors reserves the right to change the detail specifications as may be required to permit improvements in the design of its products.

[1] Please consult the most recently issued document before initiating or completing a design.

[2] The term 'short data sheet' is explained in section "Definitions".

[3] The product status of device(s) described in this document may have changed since this document was published and may differ in case of multiple devices. The latest product status information is available on the Internet at URL <http://www.nxp.com>.

### 11.2 Definitions

**Draft** — The document is a draft version only. The content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. NXP Semiconductors does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included herein and shall have no liability for the consequences of use of such information.

**Short data sheet** — A short data sheet is an extract from a full data sheet with the same product type number(s) and title. A short data sheet is intended for quick reference only and should not be relied upon to contain detailed and full information. For detailed and full information see the relevant full data sheet, which is available on request via the local NXP Semiconductors sales office. In case of any inconsistency or conflict with the short data sheet, the full data sheet shall prevail.

**Product specification** — The information and data provided in a technical data data sheet shall define the specification of the product as agreed between NXP Semiconductors and its customer, unless NXP Semiconductors and customer have explicitly agreed otherwise in writing. In no event however, shall an agreement be valid in which the NXP Semiconductors product is deemed to offer functions and qualities beyond those described in the technical data data sheet.

### 11.3 Disclaimers

**Limited warranty and liability** — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, NXP Semiconductors does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. NXP Semiconductors takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of NXP Semiconductors. In no event shall NXP Semiconductors be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including - without limitation - lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) whether or not such damages are based on tort (including negligence), warranty, breach of contract or any other legal theory. Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, NXP Semiconductors' aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the Terms and conditions of commercial sale of NXP Semiconductors.

**Right to make changes** — NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without

limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

**Applications** — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. NXP Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification. Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using NXP Semiconductors products, and NXP Semiconductors accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the NXP Semiconductors product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products. NXP Semiconductors does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using NXP Semiconductors products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s). NXP does not accept any liability in this respect.

**Limiting values** — Stress above one or more limiting values (as defined in the Absolute Maximum Ratings System of IEC 60134) will cause permanent damage to the device. Limiting values are stress ratings only and (proper) operation of the device at these or any other conditions above those given in the Recommended operating conditions section (if present) or the Characteristics sections of this document is not warranted. Constant or repeated exposure to limiting values will permanently and irreversibly affect the quality and reliability of the device.

**Terms and conditions of commercial sale** — NXP Semiconductors products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <http://www.nxp.com/profile/terms>, unless otherwise agreed in a valid written individual agreement. In case an individual agreement is concluded only the terms and conditions of the respective agreement shall apply. NXP Semiconductors hereby expressly objects to applying the customer's general terms and conditions with regard to the purchase of NXP Semiconductors products by customer.

**No offer to sell or license** — Nothing in this document may be interpreted or construed as an offer to sell products that is open for acceptance or the grant, conveyance or implication of any license under any copyrights, patents or other industrial or intellectual property rights.

**Suitability for use in automotive applications** — This NXP Semiconductors product has been qualified for use in automotive

---

**0 to 250 kPa, Differential, gauge pressure sensor, on-chip signal conditioned, temperature compensated and calibrated**

applications. Unless otherwise agreed in writing, the product is not designed, authorized or warranted to be suitable for use in life support, life-critical or safety-critical systems or equipment, nor in applications where failure or malfunction of an NXP Semiconductors product can reasonably be expected to result in personal injury, death or severe property or environmental damage. NXP Semiconductors and its suppliers accept no liability for inclusion and/or use of NXP Semiconductors products in such equipment or applications and therefore such inclusion and/or use is at the customer's own risk.

**Export control** — This document as well as the item(s) described herein may be subject to export control regulations. Export might require a prior authorization from competent authorities.

**Translations** — A non-English (translated) version of a document is for reference only. The English version shall prevail in case of any discrepancy between the translated and English versions.

## 11.4 Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names and trademarks are the property of their respective owners.

**Freescale** — is a trademark of NXP B.V.

**NXP** — is a trademark of NXP B.V.

**Tables**

Tab. 1.	Ordering information .....	2	Tab. 4.	Operating characteristics .....	3
Tab. 2.	Pin descriptions .....	3	Tab. 5.	Revision history .....	10
Tab. 3.	Maximum ratings .....	3			

**Figures**

Fig. 1.	Unibody packages .....	1	Fig. 8.	Temperature error band .....	5
Fig. 2.	Block diagram .....	2	Fig. 9.	Pressure error band .....	6
Fig. 3.	Pinning diagram .....	2	Fig. 10.	Package name 98ASB42793B, Case 867-08, Issue N .....	6
Fig. 4.	Cross sectional diagram (not to scale) .....	4	Fig. 11.	Package name 98ASB42797B, Case 867C-05, Issue H .....	7
Fig. 5.	Recommended power supply decoupling and output filtering .....	5	Fig. 12.	Package name 98ASB42796B, Case 867B-04, Issue J .....	8
Fig. 6.	Output versus differential pressure .....	5			
Fig. 7.	Transfer function .....	5			

**Contents**

1 **General description** ..... 1

2 **Features** ..... 1

3 **Typical applications** .....1

4 **Ordering information** ..... 2

5 **Block diagram** ..... 2

6 **Pinning information** ..... 2

6.1 Pinning ..... 2

6.2 Pin description ..... 3

7 **Mechanical and electrical specifications** ..... 3

7.1 Maximum ratings ..... 3

7.2 Operating characteristics ..... 3

8 **On-chip temperature compensation and calibration** ..... 4

9 **Package information** .....6

9.1 Package description ..... 6

10 **Revision history** ..... 10

11 **Legal information** ..... 11

---

Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.

---

© NXP B.V. 2017.

All rights reserved.

For more information, please visit: <http://www.nxp.com>

For sales office addresses, please send an email to: [salesaddresses@nxp.com](mailto:salesaddresses@nxp.com)

Date of release: 25 July 2017  
 Document identifier: MPX4250D