

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor devices –
Part 14-5: Semiconductor sensors – PN-junction semiconductor temperature
sensor**

**Dispositifs à semiconducteurs –
Partie 14-5: Capteurs à semiconducteurs – Capteur de température à
semiconducteurs à jonction PN**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60747-14-5

Edition 1.0 2010-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Semiconductor devices –

Part 14-5: Semiconductor sensors – PN-junction semiconductor temperature sensor

Dispositifs à semiconducteurs –

Partie 14-5: Capteurs à semiconducteurs – Capteur de température à semiconducteurs à jonction PN

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 31.080.01

ISBN 2-8318-1078-8

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and symbols	6
3.1 Terms and definitions	6
3.2 Symbols	7
4 Essential ratings and characteristics.....	7
4.1 General.....	7
4.2 Limiting values (absolute maximum rating system)	8
4.2.1 Electrical limiting values	8
4.2.2 Temperatures	8
4.3 Electrical characteristics.....	8
5 Measuring methods	8
5.1 General.....	8
5.2 Circuit diagrams of PN-junction temperature sensors	8
5.3 Temperature sensitivity	10
5.3.1 Purpose.....	10
5.3.2 Circuit diagram	11
5.3.3 Principle of measurement	11
5.3.4 Measurement procedure	11
5.3.5 Specified conditions	12
5.4 Bias supply operating current	12
5.4.1 Purpose.....	12
5.4.2 Circuit diagram	12
5.4.3 Measurement procedure	12
5.4.4 Specified conditions	12
5.5 Output voltage.....	12
5.5.1 Purpose.....	12
5.5.2 Circuit diagram	13
5.5.3 Measurement procedure	13
5.5.4 Specified conditions	13
5.6 Nonlinearity	13
5.6.1 Purpose.....	13
5.6.2 Circuit diagram	13
5.6.3 Principle of measurement	13
5.6.4 Measurement procedure	14
5.6.5 Specified conditions	14
5.7 Line regulation	14
5.7.1 Purpose.....	14
5.7.2 Circuit diagram	14
5.7.3 Principle of measurement	14
5.7.4 Measurement procedure	15
5.7.5 Specified conditions	15
5.8 Load regulation	15
5.8.1 Purpose.....	15
5.8.2 Circuit diagram	15

5.8.3	Principle of measurement	15
5.8.4	Measurement procedure	16
5.8.5	Specified conditions	16
5.9	Reliability test.....	16
5.9.1	Steady-state life	16
5.9.2	Temperature humidity life	16
Annex A (informative) Features of a semiconductor temperature sensor		17
Bibliography.....		18
Figure 1 – The circuit diagram of a PN-junction temperature sensor with a negative temperature coefficient		9
Figure 2 – The circuit diagram of a PN-junction temperature sensor with a positive temperature coefficient		10
Figure 3 – Circuit diagram for the measurement of the temperature sensitivity.....		11
Figure 4 – Circuit diagram for the measurement of the temperature sensitivity.....		11
Figure 5 – Circuit diagram for the measurement of the bias supply operating current.....		12
Figure 6 – Measurement principle of the nonlinearity		13
Figure 7 – Circuit diagram for the measurement of the line regulation.....		14
Table 1 – Electrical limiting values		8
Table 2 – Parameters electrical characteristics		8
Table A.1 – Features of some examples of semiconductor temperature sensors		17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES –

**Part 14-5: Semiconductor sensors –
PN-junction semiconductor temperature sensor**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60747-14-5 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
47E/390/FDIS	47E/392/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts in the IEC 60747 series, under the general title *Semiconductor devices – Discrete devices*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

SEMICONDUCTOR DEVICES –

Part 14-5: Semiconductor sensors – PN-junction semiconductor temperature sensor

1 Scope

This standard is applicable to semiconductor PN-junction temperature sensors and defines terms, definitions, symbols, essential ratings, characteristics and test methods that can be used to determine the characteristics of semiconductor types of PN-junction temperature sensors.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60747-14-1, *Semiconductor devices – Part 14-1: Semiconductor sensors – General and classification*

IEC 60749-5, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 5: Steady-state temperature humidity bias life test*

IEC 60749-6, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 6: Storage at high temperature*

3 Terms, definitions and symbols

3.1 Terms and definitions

For the purpose of this document, the following terms and definitions apply. For the general terms and definitions, refer to IEC 60747-14-1.

3.1.1

voltage output style

output style of the temperature sensor where output change is expressed by voltage change

3.1.2

current output style

output style of the temperature sensor where output change is expressed by current change

3.1.3

supply voltage range

voltage range where the sensor operates normally

3.1.4

operating temperature range

temperature range where the sensor operates normally

3.1.5**line regulation**

ratio of output voltage change to supply voltage change

NOTE The unit mV/V is usually used in the line regulation.

3.1.6**load regulation**

ratio of output voltage change to output current change

NOTE The unit mV/mA is usually used in the load regulation.

3.2 Symbols

S sensitivity

ΔV_{out} full scale of output voltage change

ΔF full scale of temperature change

H hysteresis

H_{max} maximum difference between two outputs by the increasing input and decreasing input

R_x resistors

Q_x transistors

R_{max} maximum difference between or among outputs

I_1 current at emitter of transistor Q_1

I_2 current at emitter of transistor Q_2

V_{BE1} voltage between base and emitter of transistor Q_1

V_{BE2} voltage between base and emitter of transistor Q_2

V_T equals $\frac{kT}{q}$

k Boltzmann constant

T absolute temperature

q electron charge

S_j junction area

V_F junction voltage

I_F forward current

N_a acceptor density

N_d donor density

D_p hole diffusion constant

D_n electron diffusion constant

L_p hole diffusion distance

L_n electron diffusion distance

n_i intrinsic carrier density

4 Essential ratings and characteristics**4.1 General**

This clause gives ratings and characteristics required for specifying PN-junction temperature sensors.

4.2 Limiting values (absolute maximum rating system)

4.2.1 Electrical limiting values

Limiting values shall be specified as in Table 1.

Table 1 – Electrical limiting values

Subclause	Parameters	Min.	Max.
4.2.1.1	Bias supply voltage		+
4.2.1.2	Output terminal voltage		+

4.2.2 Temperatures

Operating temperature

Storage temperature

4.3 Electrical characteristics

The characteristics shall apply over the full operating temperature range, unless otherwise specified.

The parameters shall be specified as in Table 2.

Table 2 – Parameters electrical characteristics

Subclause	Parameters	Min.	Typical	Max.
4.3.1	Temperature sensitivity	+	+	+
4.3.2	Bias supply operating current		+	+
4.3.3	Output voltage	+	+	+
4.3.4	Nonlinearity		+	
4.3.5	Line regulation			+
4.3.6	Load regulation			+

5 Measuring methods

5.1 General

This clause prescribes measuring methods for electrical characteristics of PN-junction temperature sensors.

5.2 Circuit diagrams of PN-junction temperature sensors

Circuit diagrams of PN-junction temperature sensors are shown as follows. Figure 1 is a typical circuit diagrams of a PN-junction temperature sensor with a negative temperature coefficient.

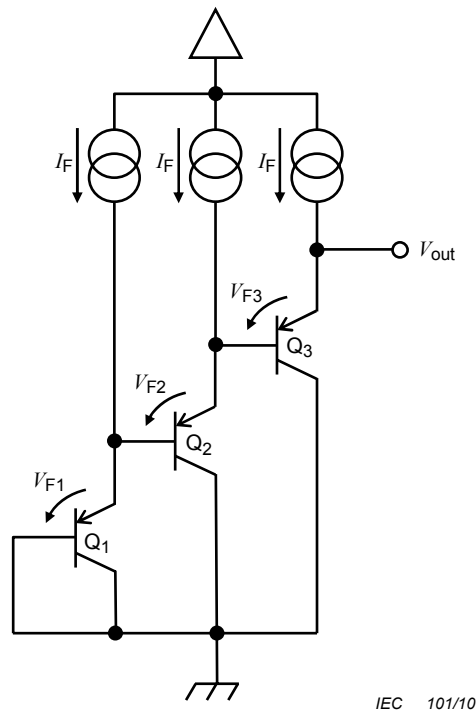
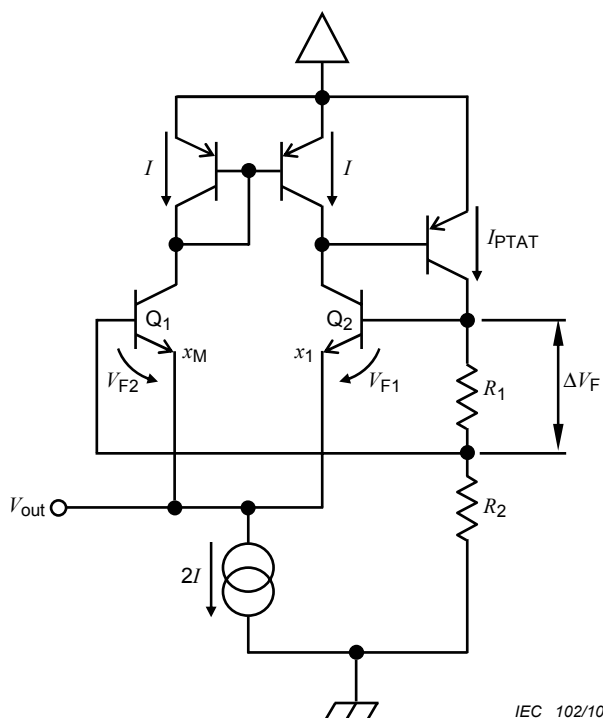


Figure 1 – The circuit diagram of a PN-junction temperature sensor with a negative temperature coefficient

$$I_F = S_{jq} \cdot \left(\frac{D_p}{L_p N_d} + \frac{D_n}{L_n N_a} \right) \cdot n_i^2 \cdot \exp \left(\frac{qV_F}{kT} \right) \quad (1)$$

Figure 2 shows typical circuit diagrams of a PN-junction temperature sensor with a positive temperature coefficient.



IEC 102/10

M emitter size ratio of Q_1 and Q_2

Figure 2 – The circuit diagram of a PN-junction temperature sensor with a positive temperature coefficient

$$\begin{aligned}\Delta V_F &= V_{F1} - V_{F2} \\ &= \frac{kT}{q} \ln(M)\end{aligned}\quad (2)$$

$$I_{PTAT} = \frac{\Delta V_F}{R_1} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}V_{out} &= \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \Delta V_F - V_{F1} \\ &= \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{kT}{q} \ln(M) - V_{F1}\end{aligned}\quad (4)$$

5.3 Temperature sensitivity

5.3.1 Purpose

To measure the temperature sensitivity under specified conditions.

5.3.2 Circuit diagram

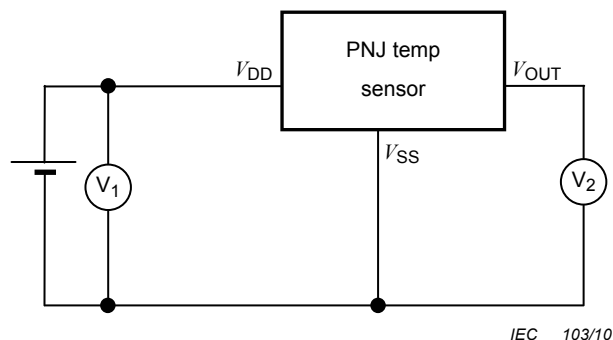


Figure 3 – Circuit diagram for the measurement of the temperature sensitivity

5.3.3 Principle of measurement

Temperature sensitivity α_{SE} is derived from the output voltages at low measuring temperature T_L and high measuring temperature T_H as follows:

$$\alpha_{SE} = \frac{V_{outH} - V_{outL}}{T_H - T_L} \quad (5)$$

where

V_{outH} is the output voltage at high measuring temperature T_H ;

V_{outL} is the output voltage at low measuring temperature T_L ;

α_{SE} is expressed with the unit mV/°C. See Figure 4.

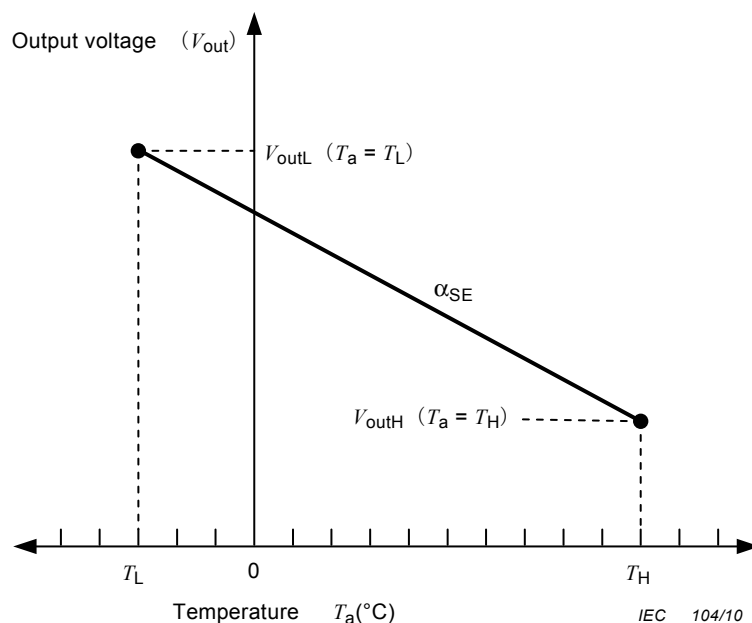


Figure 4 – Circuit diagram for the measurement of the temperature sensitivity

5.3.4 Measurement procedure

The supply voltage shall be applied as specified.

Ambient or reference-point temperature of the sensor shall be set at the specified low measuring temperature.

The output voltage at low measuring temperature, V_{outL} , is measured using voltmeter V_2 .

The ambient or reference-point temperature of the sensor shall be set at the specified high measuring temperature.

The output voltage at high measuring temperature, V_{outH} , is measured using voltmeter V_2 .

The temperature sensitivity is calculated from Equation (5).

5.3.5 Specified conditions

- Supply voltage
- Low measuring temperature
- High measuring temperature

5.4 Bias supply operating current

5.4.1 Purpose

To measure the bias supply operating current under specified conditions.

5.4.2 Circuit diagram

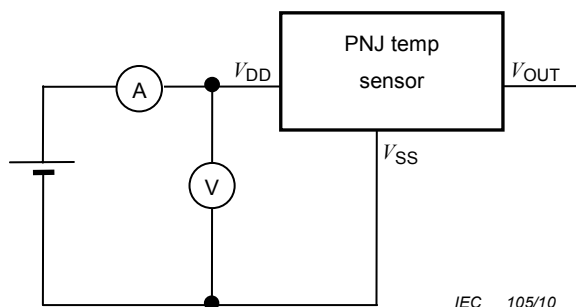


Figure 5 – Circuit diagram for the measurement of the bias supply operating current

NOTE V_{OUT} is usually open.

5.4.3 Measurement procedure

The ambient or reference-point temperature of the sensor shall be set at the specified value.

The supply voltage shall be applied as specified.

The bias supply operating current is measured using the amperemeter A.

5.4.4 Specified conditions

- Ambient or reference-point temperature
- Supply voltage

5.5 Output voltage

5.5.1 Purpose

To measure the output voltage under specified conditions.

5.5.2 Circuit diagram

The circuit diagram for the measurement of the output voltage is the same as the diagram shown in Figure 3.

5.5.3 Measurement procedure

Ambient or reference-point temperature of the sensor shall be set at the specified value.

The supply voltage shall be applied as specified.

The output voltage is measured using voltmeter V_2 .

5.5.4 Specified conditions

- Ambient or reference-point temperature
- Supply voltage

5.6 Nonlinearity

5.6.1 Purpose

To measure the nonlinearity under specified conditions.

5.6.2 Circuit diagram

The circuit diagram for the measurement of the nonlinearity is the same as the diagram shown in Figure 3.

5.6.3 Principle of measurement

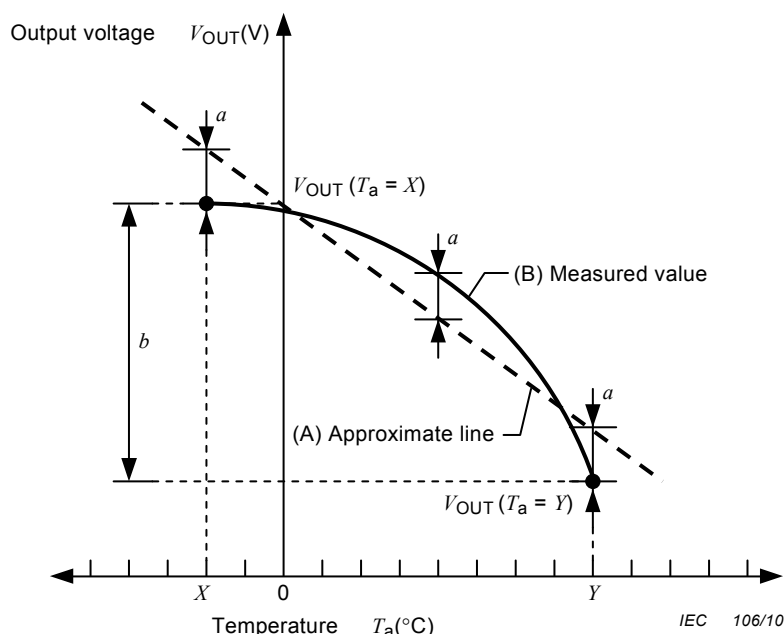


Figure 6 – Measurement principle of the nonlinearity

Figure 6 shows the measurement principle of the nonlinearity.

Measurements are carried out at the temperatures between the lowest measurement temperature X and the highest measurement temperature Y with the temperature step ΔT . Next, the approximate straight line is plotted. The difference a between the measured value

and the approximate line is calculated at each measurement temperature. The approximate line should be plotted for the maximum difference $a_{\max}$ to be smallest. Nonlinearity α_{NL} is given by the equation

$$\alpha_{\text{NL}} = a_{\max} / b \quad (6)$$

where b is the difference between the output voltage at the lowest measurement temperature and that at the highest measuring temperature. The unit of α_{NL} is percent.

5.6.4 Measurement procedure

The ambient or reference-point temperature of the sensor shall be set from the specified lowest measurement temperature to the specified highest measurement temperature by the specified measurement temperature step.

The supply voltage shall be applied as specified.

The output voltages are measured using voltmeter V_2 at each measurement temperature.

Nonlinearity is calculated using Equation (6).

5.6.5 Specified conditions

Lowest measurement temperature

Highest measurement temperature

Measurement temperature step

Supply voltage

5.7 Line regulation

5.7.1 Purpose

To measure the line regulation under specified conditions.

5.7.2 Circuit diagram

The circuit diagram for the measurement of the line regulation is shown in Figure 7.

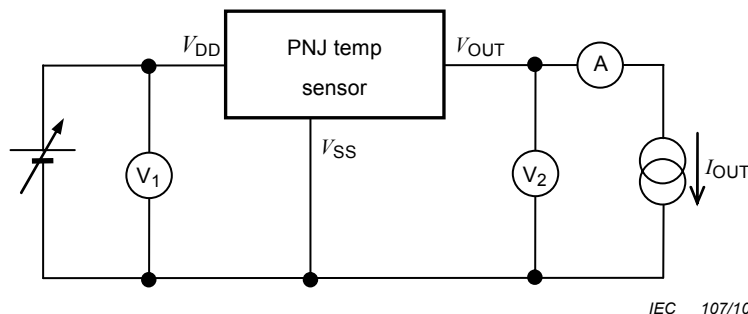


Figure 7 – Circuit diagram for the measurement of the line regulation

5.7.3 Principle of measurement

The line regulation α_{LR} is the input voltage dependence of the output voltage. It is given as follows:

$$\alpha_{LR} = \Delta V_{OUT} / \Delta V_{SUP} \quad (7)$$

where ΔV_{OUT} is the output voltage difference between the specified maximum supply voltage and the specified minimum supply voltage under the specified output current, and ΔV_{SUP} is the difference of the specified maximum supply voltage and the specified minimum one. The unit mV/V is usually used in the line regulation.

5.7.4 Measurement procedure

The ambient or reference-point temperature of the sensor shall be set at the specified value.

The maximum supply voltage shall be applied as specified.

The output voltage is measured using voltmeter V_2 under specified output current.

The minimum supply voltage shall be applied as specified.

The output voltage is measured using voltmeter V_2 under specified output current.

The line regulation is calculated using Equation (7).

5.7.5 Specified conditions

Ambient or reference-point temperature

Maximum supply voltage

Minimum supply voltage

Output current

5.8 Load regulation

5.8.1 Purpose

To measure the load regulation under specified conditions.

5.8.2 Circuit diagram

The circuit diagram for the measurement of the load regulation is the same as the diagram shown in Figure 7.

5.8.3 Principle of measurement

The load regulation α_{LOR} is the output current dependence of the output voltage. It is given as follows:

$$\alpha_{LOR} = \Delta V_{OUT} / \Delta I_{OUT} \quad (8)$$

where ΔV_{OUT} is the output voltage difference between the specified maximum output current and the specified minimum output current under the specified input voltage, and ΔI_{OUT} is the difference of the specified maximum output current and the specified minimum one. Usually the specific minimum current is set to zero, that is no load condition. The unit mV/mA is usually used in the load regulation.

5.8.4 Measurement procedure

The ambient or reference-point temperature of the sensor shall be set at the specified value.

The supply voltage shall be applied as specified.

The output voltage is measured using voltmeter V_2 under the specified maximum output current.

The output voltage is measured using voltmeter V_2 under no load condition.

The load regulation is calculated using Equation (8).

5.8.5 Specified conditions

Ambient or reference-point temperature

Supply voltage

Maximum output current

5.9 Reliability test

5.9.1 Steady-state life

IEC 60749-6 is applicable with some change for this procedure, unless otherwise stated in the relevant specifications.

The principle test conditions in this standard are as follows:

- a) ambient temperature to be the maximum operating ambient temperature in the ratings of the devices;
- b) application of the nominal or maximum supply voltage in the ratings of the device;
- c) no temperature along the input axis of the device.

5.9.2 Temperature humidity life

IEC 60749-5 is applicable for the test procedure, unless otherwise stated in the relevant specifications.

The principle test conditions in this standard are as follows:

- a) application of the nominal or maximum supply voltage in the ratings of the device;
- b) no temperature along the input axis of the device.

Annex A (informative)

Features of a semiconductor temperature sensor

Table A.1 shows an example of the overall features of a semiconductor temperature sensor.

Table A.1 – Features of some examples of semiconductor temperature sensors

Type of example	Supply voltage	Source current μA	Operating temperature range $^{\circ}\text{C}$	Accuracy $^{\circ}\text{C}$	Temperature coefficient $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	Size (W×H×D) mm
A	4,0 - 30,0	60,0	0 - 100	$\pm 1,0$	10,0	4,95×5,05×3,92
B	2,7 - 5,5	30,0	−55 - 125	$\pm 0,5$	10,0	2,60×0,90×1,50
C	2,4 - 6,0	4,5	−40 - 100	$\pm 2,5$	−8,5	2,10×1,10×2,00
D	2,7 - 5,5	0,5	−40 - 150	$\pm 1,0$	20,0	5,80×1,35×4,80
E	2,4 - 10,0	30,0	−40 - 100	$\pm 3,0$	20,0	0,80×0,80×1,60
F	3,0 - 11,0	30,0	−40 - 125	$\pm 1,0$	25,0	1,20×0,80×1,40
G	5,0	1,5	−40 - 85	$\pm 0,5$	20,0	52,00×24,00×36,00

Bibliography

IEC 60721-3-0:1984, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Introduction*
Amendment (1987)

IEC 60721-3-1:1997, *Classification of environmental conditions – Part 3 Classification of groups of environmental parameters and their severities – Section 1: Storage*

IEC 60747-1:2006, *Semiconductor devices – Part 1: General*

IEC 60749-1:2002, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 1: General*

IEC 60749-36:2003, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 36: Acceleration, steady state*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	22
1 Domaine d'application	24
2 Références normatives	24
3 Termes, définitions et symboles	24
3.1 Termes et définitions	24
3.2 Symboles	25
4 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	26
4.1 Généralités	26
4.2 Valeurs limites (système des valeurs limites absolues)	26
4.2.1 Valeurs limites électriques	26
4.2.2 Températures	26
4.3 Caractéristiques électriques	26
5 Méthodes de mesure	26
5.1 Généralités	26
5.2 Schémas de circuits de capteurs de température à jonction PN	27
5.3 Sensibilité à la température	28
5.3.1 Objet	28
5.3.2 Schéma de circuit	29
5.3.3 Principe de mesure	29
5.3.4 Procédure de mesure	30
5.3.5 Conditions spécifiées	30
5.4 Courant de fonctionnement d'alimentation de polarisation	30
5.4.1 Objet	30
5.4.2 Schéma de circuit	30
5.4.3 Procédure de mesure	30
5.4.4 Conditions spécifiées	31
5.5 Tension de sortie	31
5.5.1 Objet	31
5.5.2 Schéma de circuit	31
5.5.3 Procédure de mesure	31
5.5.4 Conditions spécifiées	31
5.6 Non-linéarité	31
5.6.1 Objet	31
5.6.2 Schéma de circuit	31
5.6.3 Principe de mesure	32
5.6.4 Procédure de mesure	32
5.6.5 Conditions spécifiées	32
5.7 Régulation de ligne	33
5.7.1 Objet	33
5.7.2 Schéma de circuit	33
5.7.3 Principe de mesure	33
5.7.4 Procédure de mesure	33
5.7.5 Conditions spécifiées	33
5.8 Régulation de charge	34
5.8.1 Objet	34
5.8.2 Schéma de circuit	34

5.8.3	Principe de mesure.....	34
5.8.4	Procédure de mesure	34
5.8.5	Conditions spécifiées.....	34
5.9	Essai de fiabilité	34
5.9.1	Vie en régime permanent.....	34
5.9.2	Durée de vie sous température et humidité.....	35
Annexe A (informative) Caractéristiques d'un capteur de température à semiconducteurs ...		36
Bibliographie.....		37
Figure 1	– Schéma de circuit d'un capteur de température à jonction PN avec un coefficient de température négatif	27
Figure 2	– Schéma de circuit d'un capteur de température à jonction PN avec un coefficient de température positif	28
Figure 3	– Schéma de circuit pour la mesure de la sensibilité à la température.....	29
Figure 4	– Schéma de circuit pour la mesure de la sensibilité à la température.....	29
Figure 5	– Schéma de circuit pour la mesure du courant de fonctionnement d'alimentation de polarisation	30
Figure 6	– Principe de mesure de la non-linéarité	32
Figure 7	– Schéma de mesure de la régulation de ligne	33
Tableau 1	– Valeurs limites électriques.....	26
Tableau 2	– Paramètres des caractéristiques électriques.....	26
Tableau A.1	– Caractéristiques d'exemples de capteurs de température à semiconducteurs.....	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 14-5: Capteurs à semiconducteurs – Capteur de température à semiconducteurs à jonction PN

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60747-14-5 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47E/390/FDIS	47E/392/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60747, sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 14-5: Capteurs à semiconducteurs – Capteur de température à semiconducteurs à jonction PN

1 Domaine d'application

La présente norme s'applique aux capteurs de température à semiconducteurs à jonction PN et définit les termes et définitions, les symboles, les valeurs assignées et caractéristiques essentielles ainsi que les méthodes d'essai pouvant être utilisés pour déterminer les caractéristiques des types semiconducteurs de capteurs de température à jonction PN.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60747-14-1, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 14-1: Capteurs à semiconducteurs – Généralités et classification*

CEI 60749-5, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 5: Essai continu de durée de vie sous température et humidité avec polarisation*

CEI 60749-6, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 6: Stockage à haute température*

3 Termes, définitions et symboles

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent. Les termes généraux et définitions font référence à la CEI 60747-14-1.

3.1.1

modèle de sortie de tension

modèle de sortie du capteur de température où la variation de sortie est exprimée par la variation de tension

3.1.2

modèle de sortie de courant

modèle de sortie du capteur de température où la variation de sortie est exprimée par la variation du courant

3.1.3

plage de tensions d'alimentation

plage de tensions dans laquelle le capteur fonctionne normalement

3.1.4

plage de températures de fonctionnement

plage de températures dans laquelle le capteur fonctionne normalement

3.1.5**régulation de ligne**

rapport de la variation de tension de sortie à la variation de tension d'alimentation

NOTE L'unité mV/V est habituellement utilisée dans la régulation de ligne.

3.1.6**régulation de charge**

rapport de la variation de tension de sortie à la variation de courant de sortie

NOTE L'unité mV/mA est habituellement utilisée dans la régulation de charge.

3.2 Symboles S sensibilité ΔV_{out} pleine échelle de variation de la tension de sortie ΔF pleine échelle de variation de température H hystérésis H_{max} différence maximale entre deux sorties en faisant croître et décroître l'entrée R_x résistances Q_x transistors R_{max} différence maximale entre ou parmi des sorties I_1 courant au niveau de l'émetteur du transistor Q_1 I_2 courant au niveau de l'émetteur du transistor Q_2 V_{BE1} tension entre la base et l'émetteur du transistor Q_1 V_{BE2} tension entre la base et l'émetteur du transistor Q_2 V_T est égal à $\frac{kT}{q}$ k constante de Boltzmann T température absolue q charge d'électron S_j zone de jonction V_F tension de jonction I_F courant direct N_a densité d'accepteur N_d densité de donneur D_p constante de diffusion des trous D_n constante de diffusion des électrons L_p distance de diffusion des trous L_n distance de diffusion des électrons n_i densité de porteur intrinsèque

4 Valeurs limites et caractéristiques essentielles

4.1 Généralités

Le présent article fournit les valeurs limites et les caractéristiques requises pour spécifier les capteurs de température à jonction PN.

4.2 Valeurs limites (système des valeurs limites absolues)

4.2.1 Valeurs limites électriques

Les valeurs limites doivent être spécifiées comme dans le Tableau 1.:

Tableau 1 – Valeurs limites électriques

Paragraphe	Paramètres	Min.	Max.
4.2.1.1	Tension d'alimentation de polarisation		+
4.2.1.2	Tension aux bornes de sortie		+

4.2.2 Températures

Température de fonctionnement

Température de stockage

4.3 Caractéristiques électriques

Sauf spécification contraire, les caractéristiques doivent être appliquées dans toute la gamme des températures de fonctionnement.

Les paramètres doivent être spécifiés de la façon indiquée au Tableau 2.

Tableau 2 – Paramètres des caractéristiques électriques

Paragraphe	Paramètres	Min.	Typique	Max.
4.3.1	Sensibilité à la température	+	+	+
4.3.2	Courant de fonctionnement d'alimentation de polarisation		+	+
4.3.3	Tension de sortie	+	+	+
4.3.4	Non-linéarité		+	
4.3.5	Régulation de ligne			+
4.3.6	Régulation de charge			+

5 Méthodes de mesure

5.1 Généralités

Le présent article prescrit les méthodes de mesure relatives aux caractéristiques électriques des capteurs de température à jonction PN.

5.2 Schémas de circuits de capteurs de température à jonction PN

Les schémas de circuits de capteurs de température à jonction PN sont représentés comme suit. La Figure 1 représente des schémas de circuit typique d'un capteur de température à jonction PN avec coefficient de température négatif.

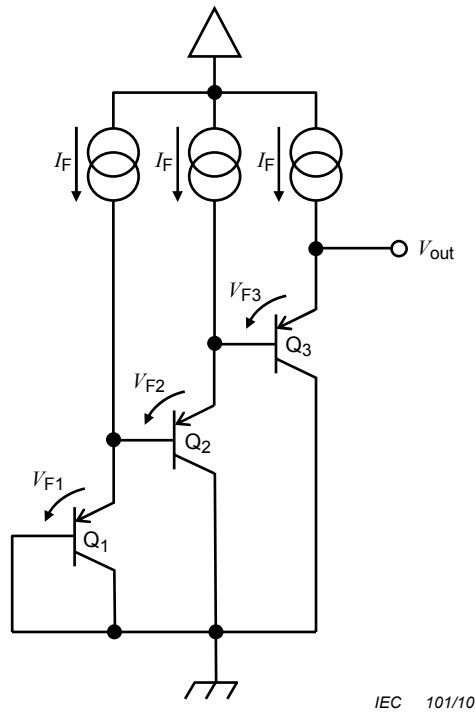
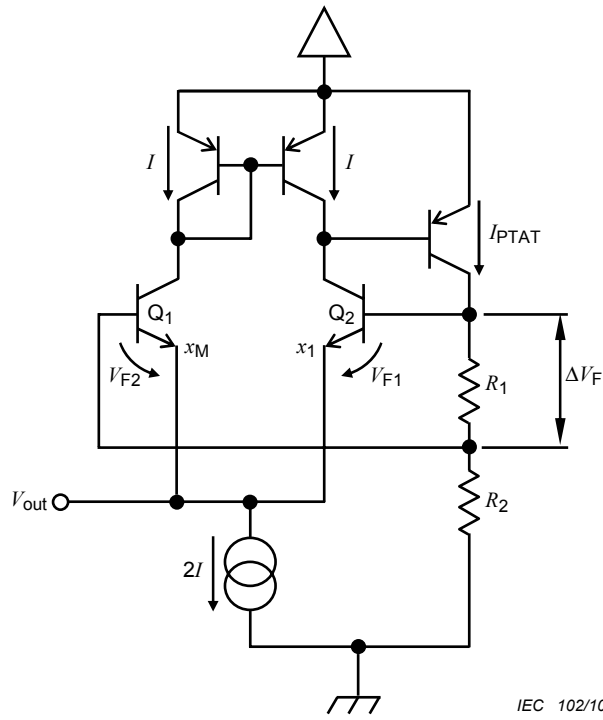


Figure 1 – Schéma de circuit d'un capteur de température à jonction PN avec un coefficient de température négatif

$$I_F = S_{jq} \cdot \left(\frac{D_p}{L_p N_d} + \frac{D_n}{L_n N_a} \right) \cdot n_i^2 \cdot \exp \left(\frac{q V_F}{k T} \right) \quad (1)$$

La Figure 2 représente un schéma de circuit typique d'un capteur de température à jonction PN avec un coefficient de température positif.



M rapport de taille d'émetteur de Q_1 et Q_2

Figure 2 – Schéma de circuit d'un capteur de température à jonction PN avec un coefficient de température positif

$$\begin{aligned}\Delta V_F &= V_{F1} - V_{F2} \\ &= \frac{kT}{q} \ln(M)\end{aligned}\quad (2)$$

$$I_{PTAT} = \frac{\Delta V_F}{R_1} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}V_{out} &= \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \Delta V_F - V_{F1} \\ &= \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{kT}{q} \ln(M) - V_{F1}\end{aligned}\quad (4)$$

5.3 Sensibilité à la température

5.3.1 Objet

Il s'agit de mesurer la sensibilité à la température dans des conditions spécifiées.

5.3.2 Schéma de circuit

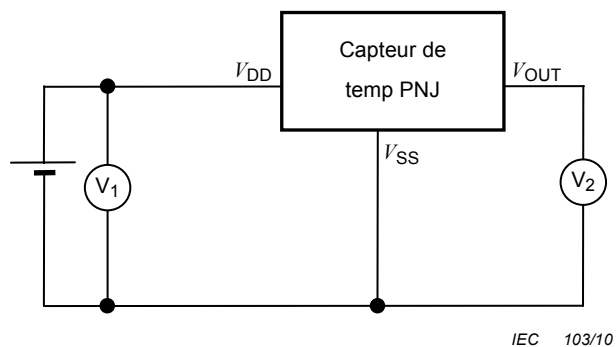


Figure 3 – Schéma de circuit pour la mesure de la sensibilité à la température

5.3.3 Principe de mesure

La sensibilité à la température α_{SE} est déduite des tensions de sortie à basse température de mesure T_L et à haute température de mesure T_H de la façon suivante:

$$\alpha_{SE} = \frac{V_{outH} - V_{outL}}{T_H - T_L} \quad (5)$$

où

V_{outH} est la tension de sortie à haute température de mesure T_H ;

V_{outL} est la tension de sortie à basse température de mesure T_L .

α_{SE} est exprimé au moyen de l'unité mV/°C. Voir la Figure 4.

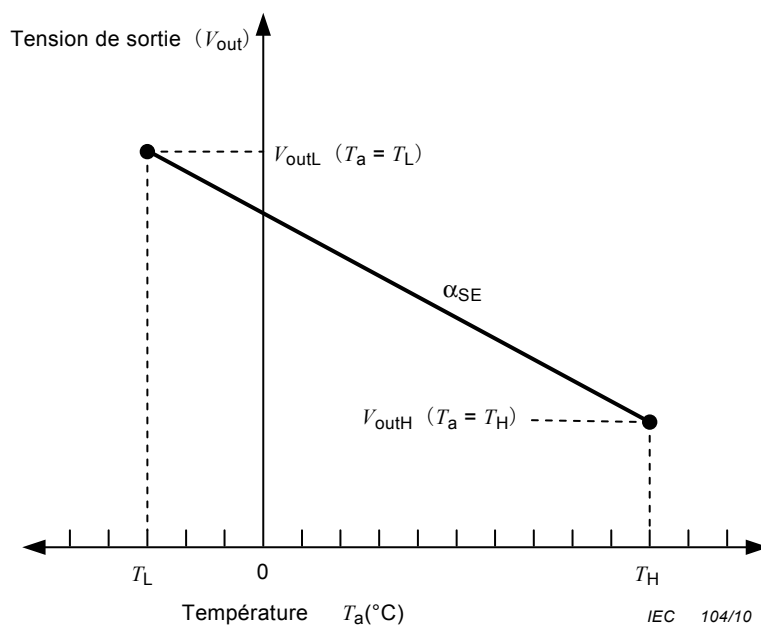


Figure 4 – Schéma de circuit pour la mesure de la sensibilité à la température

5.3.4 Procédure de mesure

La tension d'alimentation doit être appliquée comme spécifié.

La température ambiante ou du point de référence du capteur doit être réglée à la basse température de mesure spécifiée.

La tension de sortie à basse température de mesure, V_{outL} , est mesurée à l'aide d'un voltmètre V_2 .

La température ambiante ou du point de référence du capteur doit être réglée à la haute température de mesure spécifiée.

La tension de sortie à haute température de mesure, V_{outH} , est mesurée à l'aide d'un voltmètre V_2 .

La sensibilité à la température est calculée à partir de l'Équation (5).

5.3.5 Conditions spécifiées

- Tension d'alimentation
- Basse température de mesure
- Haute température de mesure

5.4 Courant de fonctionnement d'alimentation de polarisation

5.4.1 Objet

Il s'agit de mesurer le courant de fonctionnement d'alimentation de polarisation, dans des conditions spécifiées.

5.4.2 Schéma de circuit

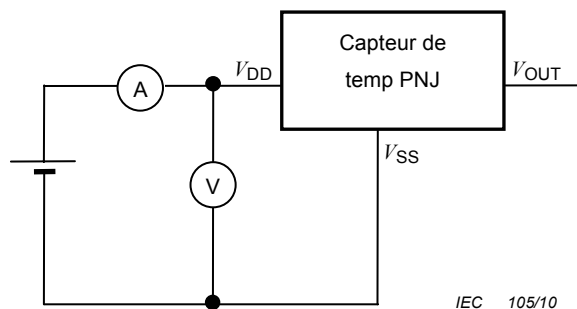


Figure 5 – Schéma de circuit pour la mesure du courant de fonctionnement d'alimentation de polarisation

NOTE V_{OUT} est généralement ouverte.

5.4.3 Procédure de mesure

La température ambiante ou du point de référence du capteur doit être réglée à la valeur spécifiée.

La tension d'alimentation doit être appliquée comme spécifié.

Le courant de fonctionnement d'alimentation de polarisation est mesuré à l'aide de l'ampèremètre A.

5.4.4 Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du point de référence
- Tension d'alimentation

5.5 Tension de sortie

5.5.1 Objet

Il s'agit de mesurer la tension de sortie dans des conditions spécifiées.

5.5.2 Schéma de circuit

Le schéma de circuit pour la mesure de la tension de sortie est le même que le schéma représenté à la Figure 3.

5.5.3 Procédure de mesure

La température ambiante ou du point de référence du capteur doit être réglée à la valeur spécifiée.

La tension d'alimentation doit être appliquée comme spécifié.

La tension de sortie est mesurée à l'aide d'un voltmètre V_2 .

5.5.4 Conditions spécifiées

- Température ambiante ou du point de référence
- Tension d'alimentation

5.6 Non-linéarité

5.6.1 Objet

Il s'agit de mesurer la non-linéarité dans des conditions spécifiées.

5.6.2 Schéma de circuit

Le schéma de circuit pour la mesure de la non-linéarité est le même que le schéma représenté à la Figure 3.

5.6.3 Principe de mesure

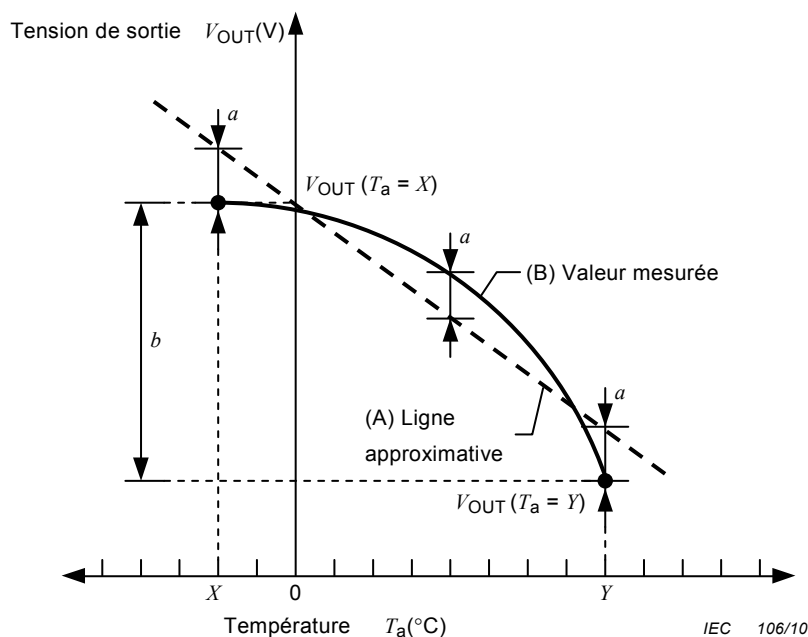


Figure 6 – Principe de mesure de la non-linéarité

La Figure 6 représente le principe de mesure de la non-linéarité.

Les mesures sont effectuées aux températures comprises entre la température de mesure la plus basse X et la température de mesure la plus haute Y avec un incrément de température ΔT . Puis, la ligne droite approximative est tracée. La différence a entre la valeur mesurée et la ligne approximative est calculée à chaque température de mesure. Il convient de tracer la ligne approximative pour que la différence maximale a_{max} soit la plus faible. La non-linéarité α_{NL} est fournie par l'équation

$$\alpha_{NL} = a_{max} / b \quad (6)$$

où b est la différence entre la tension de sortie à la température de mesure la plus basse et celle à la température de mesure la plus haute. L'unité de α_{NL} est donnée en pourcentage.

5.6.4 Procédure de mesure

La température ambiante ou du point de référence du capteur doit être réglée depuis la température de mesure la plus basse spécifiée jusqu'à la température de mesure la plus haute spécifiée par l'étape de la température de mesure spécifiée.

La tension d'alimentation doit être appliquée comme spécifié.

Les tensions de sortie sont mesurées à l'aide d'un voltmètre V_2 à chaque température de mesure.

La non-linéarité est calculée à l'aide de l'Équation (6).

5.6.5 Conditions spécifiées

Température de mesure la plus basse

Température de mesure la plus haute

Étape de température de mesure

Tension d'alimentation

5.7 Régulation de ligne

5.7.1 Objet

Il s'agit de mesurer la régulation de ligne dans des conditions spécifiées.

5.7.2 Schéma de circuit

Le schéma de circuit pour la mesure de la régulation de ligne est représenté à la Figure 7.

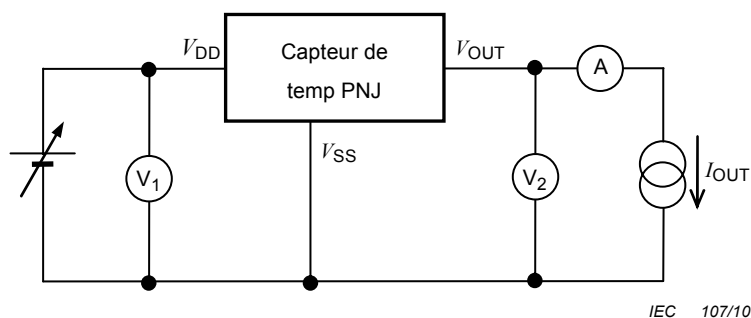


Figure 7 – Schéma de mesure de la régulation de ligne

5.7.3 Principe de mesure

La régulation de ligne α_{LR} est la dépendance de la tension de sortie par rapport à la tension d'entrée. Elle est fournie de la façon suivante:

$$\alpha_{LR} = \Delta V_{OUT} / \Delta V_{SUP} \quad (7)$$

où ΔV_{OUT} est la différence de tension de sortie entre la tension d'alimentation maximale spécifiée et la tension d'alimentation minimale spécifiée en courant de sortie spécifié, et ΔV_{SUP} est la différence de la tension d'alimentation maximale spécifiée et la tension minimale spécifiée. L'unité mV/V est habituellement utilisée dans la régulation de ligne.

5.7.4 Procédure de mesure

La température ambiante ou du point de référence du capteur doit être réglée à la valeur spécifiée.

La tension d'alimentation maximale doit être appliquée comme spécifié.

La tension de sortie est mesurée à l'aide d'un voltmètre V_2 sous un courant de sortie spécifié.

La tension d'alimentation minimale doit être appliquée comme spécifié.

La tension de sortie est mesurée à l'aide d'un voltmètre V_2 sous un courant de sortie spécifié.

La régulation de ligne est calculée au moyen de l'Équation (7).

5.7.5 Conditions spécifiées

Température ambiante ou du point de référence

Tension d'alimentation maximale

Tension d'alimentation minimale

Courant de sortie

5.8 Régulation de charge

5.8.1 Objet

Il s'agit de mesurer la régulation de charge dans des conditions spécifiées.

5.8.2 Schéma de circuit

Le schéma de circuit pour la mesure de la régulation de charge est le même que le schéma représenté à la Figure 7.

5.8.3 Principe de mesure

La régulation de charge α_{LOR} est la dépendance de la tension de sortie par rapport au courant de sortie. Elle est fournie de la façon suivante:

$$\alpha_{\text{LOR}} = \Delta V_{\text{OUT}} / \Delta I_{\text{OUT}} \quad (8)$$

où ΔV_{OUT} est la différence de tension de sortie entre le courant de sortie maximal spécifié et le courant de sortie minimal spécifié en tension d'entrée spécifiée et ΔI_{OUT} est la différence du courant de sortie maximal spécifié et le courant minimal spécifié. Habituellement, le courant minimal spécifique est réglé à zéro, c'est-à-dire en condition à vide. L'unité mV/mA est habituellement utilisée dans la régulation de charge.

5.8.4 Procédure de mesure

La température ambiante ou du point de référence du capteur doit être appliquée à la valeur spécifiée.

La tension d'alimentation doit être appliquée comme spécifié.

La tension de sortie est mesurée à l'aide d'un voltmètre V_2 sous le courant de sortie maximal spécifié.

La tension de sortie est mesurée à l'aide d'un voltmètre V_2 dans des conditions à vide.

La régulation de charge est calculée au moyen de l'Équation (8).

5.8.5 Conditions spécifiées

Température ambiante ou du point de référence

Tension d'alimentation

Courant de sortie maximal

5.9 Essai de fiabilité

5.9.1 Vie en régime permanent

Sauf indication contraire dans les spécifications pertinentes, la CEI 60749-6 est applicable avec quelques changements pour cette procédure.

Les principales conditions d'essai dans la présente norme sont les suivantes:

- a) température ambiante qui doit être la température ambiante de fonctionnement maximale dans les valeurs limites des dispositifs;
- b) application de la tension d'alimentation nominale ou maximale dans les valeurs limites du dispositif
- c) aucune accélération le long de l'axe d'entrée du dispositif.

5.9.2 Durée de vie sous température et humidité

Sauf indication contraire dans les spécifications pertinentes, la CEI 60749-5 est applicable pour la procédure d'essai.

Les principales conditions d'essai dans la présente norme sont les suivantes:

- a) application de la tension d'alimentation nominale ou maximale dans les valeurs limites du dispositif;
- b) aucune accélération le long de l'axe d'entrée du dispositif.

Annexe A (informative)

Caractéristiques d'un capteur de température à semiconducteurs

Le Tableau A.1 illustre un exemple des caractéristiques globales du capteur de température à semiconducteurs.

**Tableau A.1 – Caractéristiques d'exemples de capteurs
de température à semiconducteurs**

Type d'exemple	Tension d'alimen- tation	Courant de source μA	Plage de températures de fonction- nement $^{\circ}\text{C}$	Précision $^{\circ}\text{C}$	Coefficient de température $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$	Taille ($\text{L}\times\text{H}\times\text{P}$) mm
A	4,0 - 30,0	60,0	0 - 100	$\pm 1,0$	10,0	4,95×5,05×3,92
B	2,7 - 5,5	30,0	−55 - 125	$\pm 0,5$	10,0	2,60×0,90×1,50
C	2,4 - 6,0	4,5	−40 - 100	$\pm 2,5$	−8,5	2,10×1,10×2,00
D	2,7 - 5,5	0,5	−40 - 150	$\pm 1,0$	20,0	5,80×1,35×4,80
E	2,4 - 10,0	30,0	−40 - 100	$\pm 3,0$	20,0	0,80×0,80×1,60
F	3,0 - 11,0	30,0	−40 - 125	$\pm 1,0$	25,0	1,20×0,80×1,40
G	5,0	1,5	−40 - 85	$\pm 0,5$	20,0	52,00×24,00×36,00

Bibliographie

CEI 60721-3-0:1984, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Introduction*
Amendement (1987)

CEI 60721-3-1:1997, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Section 1: Stockage*

CEI 60747-1:2006, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1: Généralités* (disponible en anglais seulement)

CEI 60749-1:2002, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 1: Généralités*

CEI 60749-36:2003, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 36: Accélération constante*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch