



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Semiconductor devices – Semiconductor interface for automotive vehicles –  
Part 3: Shock driven piezoelectric energy harvesting for automotive vehicle  
sensors**

**Dispositifs à semiconducteurs – Interface à semiconducteurs pour les véhicules  
automobiles –  
Partie 3: Récupération de l'énergie piézoélectrique produite par les chocs pour  
les capteurs de véhicules automobiles**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-5685-5

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	7
3.1 General terms.....	8
3.2 Piezoelectric transducer.....	9
3.3 Characteristic parameters .....	10
4 Essential ratings and characteristic parameters.....	11
4.1 Identification and type.....	11
4.2 Limiting values and operating conditions.....	11
4.3 Additional information .....	12
5 Test method .....	12
5.1 General.....	12
5.2 Electrical characteristics .....	13
5.2.1 Test procedure .....	13
5.2.2 Capacitance .....	14
5.2.3 Natural frequency .....	14
5.2.4 Damping ratio .....	15
5.2.5 Output voltage.....	15
5.2.6 Output current .....	16
5.2.7 Output power.....	16
5.2.8 Optimal load impedance .....	17
5.2.9 Maximum output power.....	17
5.3 Mechanical characteristics .....	18
5.3.1 Test procedure .....	18
5.3.2 Temperature range .....	19
5.3.3 Shock magnitude.....	20
5.3.4 Temperature and humidity testing.....	20
5.3.5 Mechanical reliability (shock) testing .....	20
Annex A (informative) Mechanical shock pulses .....	21
Annex B (informative) Electromechanical coupling .....	23
B.1 Compliance and coupling coefficient relation.....	23
B.2 Young’s modulus and coupling coefficient relation .....	23
Bibliography.....	24
Figure 1 – Shock driven energy harvester using cantilever with piezoelectric film .....	8
Figure 2 – Conceptual diagram of shock driven piezoelectric energy harvester .....	9
Figure 3 – Equivalent circuit of shock driven piezoelectric energy harvester .....	10
Figure 4 – Measurement procedure of shock driven piezoelectric energy harvester .....	13
Figure 5 – Test setup for the electrical characteristics of shock driven piezoelectric energy harvester.....	14
Figure 6 – Output waveform and its frequency component of a shock driven piezoelectric energy harvester .....	15
Figure 7 – Output voltages of shock excited piezoelectric energy harvester at various external loads .....	16

Figure 8 – Output currents of shock driven piezoelectric energy harvester at various output voltages .....	16
Figure 9 – Output power of shock driven piezoelectric energy harvester at various external loads .....	17
Figure 10 – Output power and voltage of shock driven piezoelectric energy harvester at various shock amplitudes.....	18
Figure 11 – Block diagram of a test setup for evaluating the reliability of shock driven piezoelectric energy harvester .....	19
Figure A.1 – Comparison of general shock patterns and shock pattern from automobile .....	21
Figure A.2 – Impact (or shock) recorded by an electronic impact recorder .....	22
Table 1 – Specification parameters for shock driven piezoelectric energy harvesters .....	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –  
SEMICONDUCTOR INTERFACE FOR AUTOMOTIVE VEHICLES –**

**Part 3: Shock driven piezoelectric energy harvesting  
for automotive vehicle sensors**

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 62969-3 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
47/2461/FDIS	47/2480/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 62969 series, published under the general title *Semiconductor devices – Semiconductor interface for automotive vehicles*, can be found on the IEC website.

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

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

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## INTRODUCTION

The IEC 62969 series is composed of four parts as follow:

- IEC 62969-1, *Semiconductor devices – Semiconductor interface for automotive vehicles – Part 1: General requirements of power interface for automotive vehicle sensors*
- IEC 62969-2, *Semiconductor devices – Semiconductor interface for automotive vehicles – Part 2: Efficiency evaluation methods of wireless power transmission using resonance for automotive vehicle sensors*
- IEC 62969-3, *Semiconductor devices – Semiconductor interface for automotive vehicles – Part 3: Shock driven piezoelectric energy harvesting for automotive vehicle sensors*
- IEC 62969-4<sup>1</sup>, *Semiconductor devices – Semiconductor interface for automotive vehicles – Part 4: Evaluation method of data interface for automotive vehicle sensors*

The IEC 62969 series covers power and data interfaces for sensors in automotive vehicles. The first part covers general requirements of test conditions such as temperature, humidity, vibration, etc for automotive sensor power interface. This part also includes various electrical performances of power interface such as voltage drop from power source to automotive sensors, noises, voltage level, etc. The second part covers “Efficiency evaluation methods of wireless power transmission using resonance for automotive vehicle sensors “. The third part covers “Shock driven piezoelectric energy harvesting for automotive vehicle sensors”. The fourth part covers “Evaluation methods of data interface for automotive vehicle sensors”.

---

<sup>1</sup> To be published

## **SEMICONDUCTOR DEVICES – SEMICONDUCTOR INTERFACE FOR AUTOMOTIVE VEHICLES –**

### **Part 3: Shock driven piezoelectric energy harvesting for automotive vehicle sensors**

#### **1 Scope**

This part of IEC 62969 describes terms, definitions, symbols, configurations, and test methods that can be used to evaluate and determine the performance characteristics of mechanical shock driven piezoelectric energy harvesting devices for automotive vehicle sensor applications.

This document is also applicable to energy harvesting devices for motorbikes, automobiles, buses, trucks and their respective engineering subsystems applications without any limitations of device technology and size.

#### **2 Normative references**

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60749-5, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 5: Steady-state temperature humidity bias life test*

IEC 60749-10, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 10: Mechanical shock*

IEC 60749-12, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 12: Vibration, variable frequency*

IEC 62830-1, *Semiconductor devices – Semiconductor devices for energy harvesting and generation – Part 1: Vibration based piezoelectric energy harvesting*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	28
INTRODUCTION.....	30
1 Domaine d'application .....	31
2 Références normatives .....	31
3 Termes et définitions .....	31
3.1 Termes généraux.....	32
3.2 Transducteur piézoélectrique.....	33
3.3 Paramètres de caractéristique .....	34
4 Valeurs limites et paramètres de caractéristique essentiels .....	35
4.1 Identification et type.....	35
4.2 Valeurs limites et conditions de fonctionnement.....	35
4.3 Informations supplémentaires .....	36
5 Méthode d'essai .....	36
5.1 Généralités .....	36
5.2 Caractéristiques électriques.....	37
5.2.1 Procédure d'essai.....	37
5.2.2 Capacité .....	38
5.2.3 Fréquence propre .....	38
5.2.4 Taux d'amortissement.....	39
5.2.5 Tension de sortie.....	39
5.2.6 Courant de sortie.....	40
5.2.7 Puissance de sortie .....	40
5.2.8 Impédance de charge optimale .....	41
5.2.9 Puissance de sortie maximale .....	41
5.3 Caractéristiques mécaniques .....	42
5.3.1 Procédure d'essai.....	42
5.3.2 Plage de températures.....	43
5.3.3 Amplitude du choc .....	44
5.3.4 Essais de température et d'humidité .....	44
5.3.5 Essai de fiabilité mécanique (choc).....	44
Annexe A (informative) Impulsions de choc mécanique .....	45
Annexe B (informative) Couplage électromécanique.....	47
B.1 Relation entre la complaisance et le coefficient de couplage.....	47
B.2 Relation entre le module de Young et le coefficient de couplage.....	47
Bibliographie.....	48
Figure 1 – Récupérateur d'énergie produite par les chocs utilisant un cantilever avec un film piézoélectrique .....	32
Figure 2 – Modèle conceptuel d'un récupérateur d'énergie piézoélectrique produite par les chocs .....	33
Figure 3 – Circuit équivalent d'un récupérateur d'énergie piézoélectrique produite par les chocs .....	34
Figure 4 – Procédure de mesure d'un récupérateur d'énergie piézoélectrique produite par les chocs .....	37
Figure 5 – Montage d'essai pour les caractéristiques électriques d'un récupérateur d'énergie piézoélectrique produite par les chocs .....	38



Figure 6 – Forme d’onde de sortie d’un récupérateur d’énergie piézoélectrique produite par les chocs et sa composante de fréquence.....	39
Figure 7 – Tensions de sortie d’un récupérateur d’énergie piézoélectrique produite par les chocs avec différentes charges extérieures .....	40
Figure 8 – Courants de sortie d’un récupérateur d’énergie piézoélectrique produite par les chocs avec différentes tensions de sortie .....	40
Figure 9 – Puissance de sortie d’un récupérateur d’énergie piézoélectrique produite par les chocs avec différentes charges extérieures .....	41
Figure 10 – Puissance et tension de sortie d’un récupérateur d’énergie piézoélectrique produite par les chocs avec différentes amplitudes de choc .....	42
Figure 11 – Schéma fonctionnel d’un montage d’essai pour l’appréciation de la fiabilité d’un récupérateur d’énergie piézoélectrique produite par les chocs .....	43
Figure A.1 – Comparaison des modèles de choc généraux et du modèle de choc avec une automobile .....	45
Figure A.2 – Impact (ou choc) enregistré par un enregistreur d’impact électronique .....	46
Tableau 1 – Paramètres de spécification pour les récupérateurs d’énergie piézoélectrique produite par les chocs .....	35

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – INTERFACE À SEMICONDUCTEURS POUR LES VÉHICULES AUTOMOBILES –

#### Partie 3: Récupération de l'énergie piézoélectrique produite par les chocs pour les capteurs de véhicules automobiles

##### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62969-3 a été établie par le comité d'études 47: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/2461/FDIS	47/2480/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 internationale.

Cette document a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62969, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Interface à semiconducteurs pour les véhicules automobiles*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

**IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

La série IEC 62969 est composée des quatre parties suivantes:

- IEC 62969-1, *Dispositifs à semiconducteurs – Interface à semiconducteurs pour les véhicules automobiles – Partie 1: Exigences générales de l'interface d'alimentation destinée aux capteurs de véhicules automobiles*
- IEC 62969-2, *Dispositifs à semiconducteurs – Interface à semiconducteurs pour les véhicules automobiles – Partie 2: Méthodes d'évaluation du rendement de la transmission d'énergie sans fil par résonance pour les capteurs de véhicules automobiles*
- IEC 62969-3, *Dispositifs à semiconducteurs – Interface à semiconducteurs pour les véhicules automobiles – Partie 3: Récupération de l'énergie piézoélectrique produite par les chocs pour les capteurs de véhicules automobiles*
- IEC 62969-4<sup>1</sup>, *Dispositifs à semiconducteurs – Interface à semiconducteurs pour les véhicules automobiles – Partie 4: Evaluation methods of data interface for automotive vehicle sensors* (disponible en anglais seulement)

La série IEC 62969 couvre les interfaces d'alimentation et de données destinées aux capteurs présents dans les véhicules automobiles. La première partie couvre les exigences générales des conditions d'essai telles que la température, l'humidité, les vibrations, etc., pour l'interface d'alimentation des capteurs automobiles. Cette partie traite également de différentes performances électriques de l'interface d'alimentation telles que la chute de tension entre la source d'alimentation et les capteurs automobiles, les bruits, le niveau de tension, etc. La deuxième partie couvre les «méthodes d'évaluation du rendement de la transmission d'énergie sans fil par résonance pour les capteurs de véhicules automobiles». La troisième partie couvre la «récupération de l'énergie piézoélectrique produite par les chocs pour les capteurs de véhicules automobiles». La quatrième partie couvre «les méthodes d'évaluation de l'interface de données destinée aux capteurs de véhicules automobiles».

---

<sup>1</sup> A paraître

## **DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – INTERFACE À SEMICONDUCTEURS POUR LES VÉHICULES AUTOMOBILES –**

### **Partie 3: Récupération de l'énergie piézoélectrique produite par les chocs pour les capteurs de véhicules automobiles**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 62969 décrit les termes, définitions, symboles, configurations et les méthodes d'essai pouvant être utilisés pour apprécier et déterminer les caractéristiques de performance des dispositifs de récupération de l'énergie piézoélectrique produite par des chocs mécaniques pour des applications mettant en œuvre des capteurs de véhicules automobiles.

Le présent document est également applicable aux dispositifs de récupération d'énergie pour les motos, les automobiles, les bus, les camions ainsi que leurs applications d'ingénierie aux sous-systèmes, sans restriction concernant la technologie et la taille des dispositifs.

#### **2 Références normatives**

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60749-5, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 5: Steady-state temperature humidity bias life test* (disponible en anglais seulement)

IEC 60749-10, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 10: Chocs mécaniques*

IEC 60749-12, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 12: Vibrations, fréquences variables*

IEC 62830-1, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour récupération et production d'énergie – Partie 1: Récupération d'énergie piézoélectrique basée sur des vibrations*