IEC 63041-1

Edition 2.0 2021-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Piezoelectric sensors – Part 1: Generic specifications

Capteurs piézoélectriques – Partie 1: Spécifications génériques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 31.140

ISBN 978-2-8322-1023-7

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 5
1 Scope 7
2 Normative references 7
3 Terms and definitions 7
3.1 Piezoelectric sensors 8
3.2 Types of chemical sensors 9
3.3 Types of physical sensors 9
3.4 Types of sensor modules 10
3.5 Types of sensor systems 10
4 Symbols of sensor elements 10
4.1 General 10
4.2 Symbol for sensor elements of BAW resonator type 10
4.3 Symbol for sensor elements of SAW resonator type 11
4.4 Symbol for sensor elements of SAW delay-line type 11
4.5 Symbol for sensor elements of non-acoustic type 12
4.6 Symbol for wireless SAW sensor element 12
4.7 Symbols 14
5 Specifications 14
5.1 Sensor elements 14
5.1.1 General 14
5.1.2 Sensor elements of resonator and delay-line types 14
5.1.3 Sensor elements of non-acoustic type 15
5.2 Frequency ranges 15
5.3 Level of drive or input power 15
5.4 Unwanted response 15
5.5 Analysis of measurements 15
5.6 Enclosure 16
5.7 Performance confirmation 16
5.8 Long-term and short-term stabilities 16
5.9 Transmission power 16
6 Measurement and detection methods 16
7 Delivery conditions 16
7.1 Marking 16
7.2 Wrapping 16
7.3 Packaging 17
8 Quality and reliability 17
8.1 Reuse 17
8.2 Validity of release 17
8.3 Test procedures 17
8.4 Screening requirements 17
8.5 Unchecked parameters 17
9 Test and measurement procedures 17
9.1 General 17
9.1.1 Test classification 17
9.1.2 Shipping test 17

9.1.3 Mechanical and environmental test 18
9.2 Test and measurement conditions 18
9.2.1 Standard conditions for testing 18
9.2.2 Equilibrium state 18
9.2.3 Power supply 18
9.2.4 Alternative test system 19
9.2.5 Visual inspection 19
9.3 Test conditions for shipment 19
9.3.1 Temperature dependence of frequency, phase, insertion loss/gain, motional resistance, and electric charge / voltage 19
9.3.2 Unwanted response 19
9.3.3 Shunt capacitance 19
9.3.4 Insulation resistance 20
Annex A (normative) Measurement methods 21
A.1 General 21
A.2 Measurement methods using reflection and transmission characteristics 21
A.3 Measurement methods using oscillation circuits 22
A.4 Measurement method of non-acoustic type sensor elements and cells 23
A.5 Other measurement methods 23
Annex B (normative) Detection methods 24
B.1 General 24
B.2 Detection methods 24
B.2.1 Frequency difference measurement 24
B.2.2 Insertion loss/gain measurement 25
B.2.3 Phase difference measurement 26
B.2.4 Other detection methods 26
Annex C (normative) Wireless SAW sensor 27
C.1 General 27
C.2 Detection methods 27
C.2.1 General 27
C.2.2 Conceptual diagrams of wireless SAW resonator type sensor system 27
C.2.3 Conceptual diagrams of wireless SAW reflective delay-line type sensor system 27
C.2.4 Key points of detection mechanism 28
C.2.5 Technical documents 28
Bibliography 29

Figure 1 – Conceptual diagrams for sensor elements of BAW resonator type 11
Figure 2 – Symbol for sensor elements of BAW resonator type 11
Figure 3 – Conceptual diagram of sensor elements of SAW resonator type 11
Figure 4 – Symbol for sensor elements of SAW resonator type 11
Figure 5 – Conceptual diagram for sensor elements of SAW delay-line type 12
Figure 6 – Symbol for sensor elements of SAW delay-line type 12
Figure 7 – Conceptual diagrams for sensor elements of non-acoustic type 12
Figure 8 – Symbol for sensor elements of non-acoustic type 12
Figure 9 – Conceptual diagram for basic sensor elements of wireless SAW resonator type 13
Figure 10 – Symbol for basic sensor elements of wireless SAW resonator type 13

Figure 11 – Conceptual diagram for basic sensor elements of wireless SAW reflective delay-line type 13
Figure 12 – Symbol for basic sensor elements of wireless SAW reflective delay-line type 13
Figure A.1 – Measurement method using reflection characteristics of BAW resonator type sensor elements and cells 21
Figure A.2 – Measurement method using reflection characteristics of SAW resonator type sensor elements and cells 21
Figure A.3 – Measurement method using transmission characteristics of SAW delay-line type sensor elements and cells 22
Figure A.4 – Measurement method using oscillation circuit consisting of BAW resonator type sensor elements and cells 22
Figure A.5 – Measurement method using oscillation circuit consisting of SAW resonator type sensor elements and cells 22
Figure A.6 – Measurement method using oscillation circuit consisting of SAW delay-line type sensor elements and cells 23
Figure A.7 – Measurement method using amplifier consisting of non-acoustic type sensor elements and cells 23
Figure B.1 – Measurement of frequency difference using two oscillation circuits 24
Figure B.2 – Measurement of frequency difference using an oscillation circuit and frequency synthesizer 25
Figure B.3 – Conceptual diagram of piezoelectric dual mode sensor module 25
Figure B.4 – Measurement of insertion loss/gain difference using two oscillation circuits 26
Figure B.5 – Measurement of phase difference using signal generator and phase detector 26
Figure C.1 – Fundamental measurement system of wireless SAW resonator type sensor 27
Figure C.2 – Fundamental measurement system of wireless SAW reflective delay-line type sensor 28

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

PIEZOELECTRIC SENSORS –

Part 1: Generic specifications

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.

IEC 63041-1 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2017. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) the new terms "piezoelectric sensor system" and "wireless SAW sensor system" and their definitions have been added;
b) new types of sensor modules and sensor system have been added;
c) some symbols of sensor elements are added in Clause 4;
d) a new Figure B.3 has been added in Annex B;
e) Annex C has been added.

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

Draft	Report on voting
49/1357/CDV	49/1364/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 63041 series, published under the general title *Piezoelectric sensors*, 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 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.

PIEZOELECTRIC SENSORS –

Part 1: Generic specifications

1 Scope

This part of IEC 63041 applies to piezoelectric sensors of resonator, delay-line and non-acoustic types, which are used in physical and engineering sciences, chemistry and biochemistry, medical and environmental sciences, etc.

The purpose of this document is to specify the terms and definitions for piezoelectric sensors, and to make sure from a technological perspective that users understand the state-of-art piezoelectric sensors and how to use them correctly.

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 60027 (all parts), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60050-561, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 561: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection*

IEC 60122-2-1, *Quartz crystal units for frequency control and selection – Part 2: Guide to the use of quartz crystal units for frequency control and selection – Section One: Quartz crystals for microprocessor clock supply*

IEC 60444-9, *Measurement of quartz crystal unit parameters – Part 9: Measurement of spurious resonances of piezoelectric crystal units*

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams,* available at https://std.iec.ch/iec60617

IEC 63041-3:2020, *Piezoelectric sensors – Part 3: Physical sensors*

ISO 2859-1:1999, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

ISO 80000-1, *Quantities and units – Part 1: General*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 35
1 Domaine d'application 37
2 Références normatives 37
3 Termes et définitions 37
3.1 Capteurs piézoélectriques 38
3.2 Types de capteurs chimiques 39
3.3 Types de capteurs physiques 39
3.4 Types de modules de capteurs 40
3.5 Types de systèmes de capteurs 40
4 Symboles des éléments de capteurs 40
4.1 Généralités 40
4.2 Symbole des éléments de capteurs de type résonateur à OAV 41
4.3 Symbole des éléments de capteurs de type résonateur à OAS 41
4.4 Symbole des éléments de capteurs de type à ligne à retard à OAS 42
4.5 Symbole des éléments de capteurs de type non acoustique 42
4.6 Symbole des éléments de capteur à OAS sans fil 42
4.7 Symboles 44
5 Spécifications 44
5.1 Éléments de capteurs 44
5.1.1 Généralités 44
5.1.2 Éléments de capteurs de type résonateur et de type à ligne à retard 45
5.1.3 Éléments de capteurs de type non acoustique 45
5.2 Plages de fréquences 45
5.3 Niveau d'excitation ou puissance d'entrée 46
5.4 Réponse indésirable 46
5.5 Analyse des mesurages 46
5.6 Enveloppe 46
5.7 Confirmation des performances 46
5.8 Stabilités à long et court termes 46
5.9 Puissance de transmission 47
6 Méthodes de mesure et de détection 47
7 Conditions de livraison 47
7.1 Marquage 47
7.2 Conditionnement 47
7.3 Emballage 47
8 Qualité et fiabilité 47
8.1 Réutilisation 47
8.2 Validité de transaction 47
8.3 Modes opératoires d'essai 47
8.4 Exigences de sélection 48
8.5 Paramètres non vérifiés 48
9 Modes opératoires d'essai et de mesure 48
9.1 Généralités 48
9.1.1 Classification des essais 48
9.1.2 Essai d'expédition 48

9.1.3 Essai mécanique et d'environnement 48
9.2 Conditions d'essai et de mesure 49
9.2.1 Conditions d'essai normalisées 49
9.2.2 État d'équilibre 49
9.2.3 Alimentation 49
9.2.4 Système d'essai alternatif 49
9.2.5 Examen visuel 49
9.3 Conditions d'essai d'expédition 50
9.3.1 Dépendance à la température de la fréquence, de la phase, de la perte/du gain d'insertion, de la résistance dynamique et de la charge/tension électrique 50
9.3.2 Réponse indésirable 50
9.3.3 Capacité parallèle 50
9.3.4 Résistance d'isolement 50
Annexe A (normative) Méthodes de mesure 51
A.1 Généralités 51
A.2 Méthodes de mesure qui utilisent les caractéristiques de réflexion et de transmission 51
A.3 Méthodes de mesure qui utilisent des circuits oscillants 52
A.4 Méthode de mesure des éléments et cellules de capteur de type non acoustique 53
A.5 Autres méthodes de mesure 53
Annexe B (normative) Méthodes de détection 54
B.1 Généralités 54
B.2 Méthodes de détection 54
B.2.1 Mesurage de la différence de fréquence 54
B.2.2 Mesurage de la perte/du gain d'insertion 55
B.2.3 Mesurage de la différence de phase 56
B.2.4 Autres méthodes de détection 56
Annexe C (normative) Capteur à OAS sans fil 57
C.1 Généralités 57
C.2 Méthodes de détection 57
C.2.1 Généralités 57
C.2.2 Schémas conceptuels d'un système de capteur de type résonateur à OAS sans fil 57
C.2.3 Schémas conceptuels d'un système de capteur de type à ligne à retard à réflexion d'OAS sans fil 57
C.2.4 Points essentiels du mécanisme de détection 58
C.2.5 Documents techniques 58
Bibliographie 59

Figure 1 – Schémas conceptuels des éléments de capteurs de type résonateur à OAV 41
Figure 2 – Symbole des éléments de capteurs de type résonateur à OAV 41
Figure 3 – Schéma conceptuel des éléments de capteurs de type résonateur à OAS 41
Figure 4 – Symbole des éléments de capteurs de type résonateur à OAS 41
Figure 5 – Schéma conceptuel des éléments de capteurs de type à ligne à retard à OAS 42
Figure 6 – Symbole des éléments de capteurs de type à ligne à retard à OAS 42
Figure 7 – Schémas conceptuels des éléments de capteurs de type non acoustique 42

Figure 8 – Symbole des éléments de capteurs de type non acoustique 42
Figure 9 – Schéma conceptuel des éléments de capteurs fondamentaux de type résonateur à OAS sans fil 43
Figure 10 – Symbole des éléments de capteurs fondamentaux de type résonateur à OAS sans fil 43
Figure 11 – Schéma conceptuel des éléments de capteurs fondamentaux de type à ligne à retard à réflexion d'OAS sans fil 43
Figure 12 – Symbole pour les éléments de capteurs fondamentaux de type à ligne à retard à réflexion d'OAS sans fil 44
Figure A.1 – Méthode de mesure qui utilise les caractéristiques de réflexion des éléments et cellules de capteur de type résonateur à OAV 51
Figure A.2 – Méthode de mesure qui utilise les caractéristiques de réflexion des éléments et cellules de capteur de type résonateur à OAS 51
Figure A.3 – Méthode de mesure qui utilise les caractéristiques de transmission des éléments et cellules de capteur de type à ligne à retard à OAS 52
Figure A.4 – Méthode de mesure qui utilise un circuit oscillant composé d'éléments et cellules de capteur de type résonateur à OAV 52
Figure A.5 – Méthode de mesure qui utilise un circuit oscillant composé d'éléments et cellules de capteur de type résonateur à OAS 52
Figure A.6 – Méthode de mesure qui utilise un circuit oscillant composé d'éléments et cellules de capteur de type à ligne à retard à OAS 53
Figure A.7 – Méthode de mesure qui utilise un amplificateur composé d'éléments et cellules de capteur de type non acoustique 53
Figure B.1 – Mesurage de la différence de fréquence à l'aide de deux circuits oscillants 54
Figure B.2 – Mesurage de la différence de fréquence à l'aide d'un circuit oscillant et d'un synthétiseur de fréquence 55
Figure B.3 – Schéma conceptuel du module de capteur bimode piézoélectrique 55
Figure B.4 – Mesurage de la différence de perte/gain d'insertion à l'aide de deux circuits oscillants 56
Figure B.5 – Mesurage de la différence de phase à l'aide d'un générateur de signaux et d'un détecteur de phase 56
Figure C.1 – Système de mesure fondamental d'un capteur de type résonateur à OAS sans fil 57
Figure C.2 – Système de mesure fondamental d'un capteur de type à ligne à retard à réflexion d'OAS sans fil 58

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

CAPTEURS PIÉZOÉLECTRIQUES –

Partie 1: Spécifications génériques

AVANT-PROPOS

1) La Commission Électrotechnique 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. À 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.

L'IEC 63041-1 a été établie par le comité d'études 49 de l'IEC: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2017. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) ajout de nouveaux termes et définitions (système de capteur piézoélectrique et système de capteur à OAS sans fil);
b) ajout de nouveaux types de modules et de systèmes de capteurs;
c) ajout de certains symboles des éléments de capteurs à l'Article 4;

d) ajout d'une nouvelle Figure B.3 à l'Annexe B;

e) ajout de l'Annexe C.

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

Projet	Rapport de vote
49/1357/CDV	49/1364/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 63041, publiées sous le titre général *Capteurs piézoélectriques*, 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 webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

CAPTEURS PIÉZOÉLECTRIQUES –

Partie 1: Spécifications génériques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 63041 s'applique aux capteurs piézoélectriques de type résonateur, de type à ligne à retard et de type non acoustique, utilisés en sciences physiques, en sciences de l'ingénierie, en chimie et en biochimie, en sciences médicales et environnementales, etc.

Le présent document a pour objet de spécifier les termes et définitions relatifs aux capteurs piézoélectriques et de vérifier, d'un point de vue technologique, que les utilisateurs ont une bonne approche des capteurs piézoélectriques de pointe et qu'ils savent les utiliser correctement.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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 60027 (toutes les parties), *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*

IEC 60050-561, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 561: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence*

IEC 60122-2-1, *Quartz pour le contrôle et la sélection de la fréquence – Deuxième partie: Guide pour l'emploi des résonateurs à quartz pour le contrôle et la sélection de la fréquence – Section un: Résonateurs à quartz comme base de temps dans les microprocesseurs*

IEC 60444-9, *Mesure des paramètres des résonateurs à quartz – Partie 9: Mesure des résonances parasites des résonateurs piézoélectriques*

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas, disponible sur* https://std.iec.ch/iec60617

IEC 63041-3:2020, *Capteurs piézoélectriques – Partie 3: Capteurs physiques*

ISO 2859-1:1999, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs – Partie 1: Procédures d'échantillonnage pour les contrôles lot par lot, indexés d'après le niveau de qualité acceptable (NQA)*

ISO 80000-1, *Grandeurs et unités – Partie 1: Généralités*