IEC 62047-5

Edition 1.0 2011-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 5: RF MEMS switches

Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques – Partie 5: Commutateurs MEMS-RF

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

V

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-88912-584-5

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

CONTENTS

FOREWORD....4
1 Scope....6
2 Normative references....6
3 Terms and definitions....6
3.1 Switching operation....7
3.2 Switching configuration....7
3.3 Actuating mechanism....7
3.4 Switching network configurations....8
3.5 Reliability (performance)....8
3.6 Electrical characteristics....9
4 Essential ratings and characteristics....10
4.1 Identification and types....10
4.2 Application and specification description....11
4.3 Limiting values and operating conditions....11
4.4 DC and RF characteristics....11
4.5 Mechanical and environmental characteristics....12
4.6 Additional information....12
5 Measuring methods....12
5.1 General....12
5.1.1 General precautions....12
5.1.2 Characteristic impedances....12
5.1.3 Handling precautions....12
5.1.4 Types....12
5.2 DC characteristics....12
5.2.1 DC actuation voltage....12
5.2.2 On or off resistance (d.c. contact or resistive type)....14
5.2.3 On or off capacitance (capacitive type)....15
5.2.4 Power consumption....16
5.3 RF characteristics....17
5.3.1 Insertion loss (L_{ins})....17
5.3.2 Isolation (L_{iso})....19
5.3.3 Voltage standing wave ratio (VSWR)....20
5.3.4 Input power at the intercept point....21
5.4 Switching characteristics....21
5.4.1 General....21
5.4.2 Switching time measurement....21
6 Reliability (performance)....22
6.1 General....22
6.2 Life time cycles....22
6.2.1 General....22
6.2.2 Cold switching....23
6.2.3 Hot switching or power handling....23
6.3 Temperature cycles....24
6.3.1 General....24
6.3.2 Test temperature....24
6.3.3 Test cycle....24

6.4 High temperature and high humidity testing 24
6.5 Shock testing 25
6.6 Vibration testing 25
6.7 Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing 25
Annex A (informative) General description of RF MEMS Switches 26
Annex B (informative) Geometry of RF MEMS switches 27
Annex C (informative) Packaging of RF MEMS switches 30
Annex D (informative) Failure mechanism of RF MEMS switches 31
Annex E (informative) Applications of RF MEMS switches 32
Annex F (informative) Measurement procedure of RF MEMS switches 34

Figure 1 – Terminals of RF MEMS switch 11
Figure 2 – Circuit diagram for measuring d.c. actuation voltage and RF characteristics of RF MEMS switches 13
Figure 3 – Circuit diagram for measuring impedance between the input and output ports 14
Figure 4 – Circuit diagram for measuring RF characteristics between the input and output ports using a network analyzer 18
Figure 5 – Circuit block diagram of a test setup to evaluate life time of RF MEMS switch 22
Figure 6 – Circuit block diagram of a test setup for power handling capability of RF MEMS switch 24
Figure B.1 – RF MEMS series d.c. contact switch with two contact areas. 27
Figure B.2 – RF MEMS series d.c. contact switch with one contact area 27
Figure B.3 – RF MEMS shunt d.c. contact switch 28
Figure B.4 – RF MEMS series capacitive type switch with one contact area 28
Figure B.5 – RF MEMS shunt capacitive type switch 29
Figure F.1 – Measurement procedure of RF MEMS switches 34

Table A.1 – Comparison of semiconductor and RF MEMS switches 26
Table B.1 – Comparison of RF MEMS switches with different actuation mechanism 29
Table D.1 – Comparison of failure mechanism of RF MEMS switches 31

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –

Part 5: RF MEMS switches

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 62047-5 has been prepared by subcommittee 47F: Micro-electromechanical systems, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47F/83/FDIS	47F/93/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 parts of the IEC 62047 series, under the general title *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices*, can be found in 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.

The contents of the corrigendum of March 2012 have been included in this copy.

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.

SEMICONDUCTOR DEVICES – MICRO-ELECTROMECHANICAL DEVICES –

Part 5: RF MEMS switches

1 Scope

This part of IEC 62047 describes terminology, definition, symbols, test methods that can be used to evaluate and determine the essential ratings and characteristic parameters of RF MEMS switches. The statements made in this standardization are also applicable to RF (Radio Frequency) MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) switches with various structures, contacts (d.c. contact and capacitive contact), configurations (series and shunt), switching networks (SPST, SPDT, DPDT, etc.), and actuation mechanism such as electrostatic, electro-thermal, electromagnetic, piezoelectric, etc. The RF MEMS switches are promising devices in advanced mobile phones with multi-band/mode operation, smart radar systems, reconfigurable RF devices and systems, SDR (Software Defined Radio) phones, test equipments, tunable devices and systems, satellite, etc.

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 normative documents (including any amended documents) referred to applies.

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

IEC 60747-16-1, *Semiconductor devices – Part 16-1: Microwave integrated circuits – Amplifiers*

IEC 60747-16-4:2004, *Semiconductor devices – Part 16-4: Microwave integrated circuits – Switches*

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 60749-27, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 27: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Machine model (MM)*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 38
1 Domaine d'application 40
2 Références normatives 40
3 Termes et définitions 40
3.1 Fonctionnement de la commutation 41
3.2 Configuration de la commutation 41
3.3 Mécanisme d'actionnement 41
3.4 Configurations du réseau de commutation 42
3.5 Fiabilité 42
3.6 Caractéristiques électriques 43
4 Valeurs limites et caractéristiques essentielles 44
4.1 Identification et types 44
4.2 Description de l'application et des spécifications 45
4.3 Conditions de fonctionnement et valeurs limites 45
4.4 Caractéristiques RF et à courant continu 45
4.5 Caractéristiques mécaniques et environnementales 46
4.6 Informations supplémentaires 46
5 Méthodes de mesure 46
5.1 Généralités 46
5.1.1 Précautions générales 46
5.1.2 Impédances caractéristiques 46
5.1.3 Précautions de manipulation 46
5.1.4 Types 46
5.2 Caractéristiques à courant continu 46
5.2.1 Tension d'actionnement à courant continu 46
5.2.2 Résistance à l'état passant ou bloqué (contact à courant continu ou de type résistif) 48
5.2.3 Capacité à l'état passant ou bloqué (type capacitif) 50
5.2.4 Consommation de puissance 51
5.3 Caractéristiques RF 51
5.3.1 Perte d'insertion (L_{ins}) 51
5.3.2 Isolement (L_{iso}) 53
5.3.3 Rapport d'ondes stationnaires en tension (VSWR) 55
5.3.4 Puissance d'entrée au point d'interception 55
5.4 Caractéristiques de commutation 55
5.4.1 Généralités 55
5.4.2 Mesure du temps de commutation 56
6 Fiabilité (performance) 56
6.1 Généralités 56
6.2 Cycles de durée de vie 57
6.2.1 Généralités 57
6.2.2 Commutation froide 57
6.2.3 Commutation chaude ou puissance supportée 58
6.3 Cycles de températures 59
6.3.1 Généralités 59
6.3.2 Température d'essai 59

6.3.3 Cycle d'essai 59
6.4 Essai à humidité et température élevées 60
6.5 Essai aux chocs 60
6.6 Essai de vibrations 60
6.7 Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) 60
Annexe A (informative) Description générale des commutateurs MEMS-RF 61
Annexe B (informative) Géométrie des commutateurs MEMS-RF 62
Annexe C (informative) Encapsulation des commutateurs MEMS-RF 65
Annexe D (informative) Mécanisme de défaillance des commutateurs MEMS-RF 66
Annexe E (informative) Applications des commutateurs MEMS-RF 67
Annexe F (informative) Procédure de mesure des commutateurs MEMS-RF 69

Figure 1 – Bornes d'un commutateur MEMS-RF 45
Figure 2 – Schéma de circuit pour mesurer la tension d'actionnement à courant continu et les caractéristiques RF des commutateurs MEMS-RF 47
Figure 3 – Schéma de circuit pour mesurer l'impédance entre les ports d'entrée et de sortie 49
Figure 4 – Schéma de circuit pour mesurer les caractéristiques RF entre les ports d'entrée et de sortie en utilisant un analyseur de réseau 52
Figure 5 – Schéma de circuit d'un montage d'essai pour évaluer la durée de vie d'un commutateur MEMS-RF 57
Figure 6 – Schéma de circuit d'un montage d'essai pour la capacité à supporter une puissance d'un commutateur MEMS-RF 59
Figure B.1 – Commutateur à contact à courant continu série MEMS-RF avec deux régions de contact 62
Figure B.2 – Commutateur à contact à courant continu série MEMS-RF avec une région de contact 62
Figure B.3 – Commutateur à contact à courant continu parallèle MEMS-RF 63
Figure B.4 – Commutateur capacitif série MEMS-RF avec une région de contact 63
Figure B.5 – Commutateur capacitif parallèle MEMS-RF 64
Figure F.1 – Procédure de mesure des commutateurs MEMS-RF 69

Tableau A.1 – Comparaison entre commutateurs à semiconducteurs et commutateurs MEMS-RF 61
Tableau B.1 – Comparaison de commutateur MEMS-RF avec différents mécanismes d'actionnement 64
Tableau D.1 – Comparaison des mécanismes de défaillance des commutateurs MEMS-RF 66

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

Partie 5: Commutateurs MEMS-RF

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 brevet. La CEI 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 CEI 62047-5 a été établie par le sous-comité 47F: Systèmes microélectromécaniques, 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
47F/83/FDIS	47F/93/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 62047, présentées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs microélectromécaniques*, 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.

Le contenu du corrigendum de mars 2012 a été pris en considération dans cet exemplaire.

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.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS MICROÉLECTROMÉCANIQUES –

Partie 5: Commutateurs MEMS-RF

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62047 décrit la terminologie, les définitions, les symboles et des méthodes d'essai qui peuvent être utilisés pour évaluer et déterminer les paramètres des caractéristiques et des valeurs assignées essentielles des commutateurs MEMS-RF. Les déclarations faites dans la présente normalisation sont également applicables aux commutateurs RF (radiofréquence) MEMS (systèmes microélectromécaniques) avec différentes structures, différents contacts (contact à courant continu et contact capacitif), différentes configurations (série et parallèle), différents réseaux de commutation (SPST, SPDT, DPDT, etc.), et différents mécanismes d'actionnement (électrostatique, électrothermique, électromagnétique, piézoélectrique, etc.). Les commutateurs MEMS-RF sont des dispositifs destinés à un avenir prometteur dans les domaines des téléphones mobiles perfectionnés fonctionnant sur plusieurs bandes ou dans plusieurs modes, des systèmes radars intelligents, des dispositifs et des systèmes RF reconfigurables, des téléphones SDR (radio logicielle), des équipements d'essai, des dispositifs et des systèmes accordables, des satellites, etc.

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 des documents normatifs de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60747-1:2006, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1: Généralités*

CEI 60747-16-1, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 16-1: Circuits intégrés hyperfréquences – Amplificateurs*

CEI 60747-16-4:2004, *Semiconductor devices – Part 16-4: Microwave integrated circuits – Switches* (disponible en anglais seulement)

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

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

CEI 60749-27, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 27: Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) – Modèle de machine (MM)*