



IEC 60747-16-9

Edition 1.0 2024-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Semiconductor devices –
Part 16-9: Microwave integrated circuits – Phase shifters**

**Dispositifs à semiconducteurs –
Partie 16-9: Circuits intégrés hyperfréquences – Déphaseurs**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-9682-0

**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.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Essential ratings and characteristics.....	10
4.1 General requirements	10
4.1.1 Circuit identification and types	10
4.1.2 General function description	10
4.1.3 Manufacturing technology.....	10
4.1.4 Package identification.....	10
4.2 Application description	10
4.2.1 Conformance to system and/or interface information	10
4.2.2 Overall block diagram	11
4.2.3 Reference data	11
4.2.4 Electrical compatibility	11
4.2.5 Associated devices	11
4.3 Specification of the function	11
4.3.1 Detailed block diagram – Functional blocks	11
4.3.2 Identification and function of terminals.....	11
4.3.3 Function description	12
4.4 Limiting values (absolute maximum rating system).....	12
4.4.1 Requirements	12
4.4.2 Electrical limiting values	13
4.4.3 Temperatures	13
4.5 Operating conditions (within the specified operating temperature range).....	14
4.6 Electrical characteristics	14
4.7 Mechanical and environmental ratings, characteristics and data	15
4.8 Additional information	15
5 Measuring methods	15
5.1 General.....	15
5.1.1 General precautions	15
5.1.2 Characteristic impedance	15
5.1.3 Handling precautions	16
5.1.4 Types	16
5.2 Insertion loss (L_{ins})	16
5.2.1 Purpose.....	16
5.2.2 Measuring methods	16
5.3 Phase shift value (S_{ph})	19
5.3.1 Purpose.....	19
5.3.2 Circuit diagram	19
5.3.3 Principle of measurement	19
5.3.4 Circuit description and requirements.....	19
5.3.5 Precautions to be observed	20
5.3.6 Measurement procedure	20
5.3.7 Specified conditions.....	20
5.4 Phase shift range (R_{ph})	20

5.4.1	Purpose	20
5.4.2	Circuit diagram	20
5.4.3	Principle of measurement	20
5.4.4	Circuit description and requirements	20
5.4.5	Precautions to be observed	21
5.4.6	Measurement procedure	21
5.4.7	Specified conditions	21
5.5	Phase shift accuracy (S_{acc})	21
5.5.1	Purpose	21
5.5.2	Circuit diagram	21
5.5.3	Principle of measurement	21
5.5.4	Circuit description and requirements	21
5.5.5	Precautions to be observed	22
5.5.6	Measurement procedure	22
5.5.7	Specified conditions	22
5.6	Phase shift accuracy root mean square ($S_{acc}(RMS)$)	22
5.6.1	Purpose	22
5.6.2	Circuit diagram	22
5.6.3	Principle of measurement	22
5.6.4	Circuit description and requirements	23
5.6.5	Precautions to be observed	23
5.6.6	Measurement procedure	23
5.6.7	Specified conditions	23
5.7	Input return loss ($L_{ret(in)}$)	23
5.7.1	Purpose	23
5.7.2	Measuring methods	24
5.8	Output return loss ($L_{ret(out)}$)	26
5.8.1	Purpose	26
5.8.2	Measuring methods	26
5.9	Amplitude flatness (F_{amp})	28
5.9.1	Purpose	28
5.9.2	Measuring methods	28
5.10	Insertion loss ripple (L_{rip})	30
5.10.1	Purpose	30
5.10.2	Measuring methods	30
5.11	Input power at 1dB compression ($P_{i(1dB)}$)	32
5.11.1	Purpose	32
5.11.2	Circuit diagram	32
5.11.3	Principle of measurement	32
5.11.4	Circuit description and requirements	32
5.11.5	Precaution to be observed	32
5.11.6	Measurement procedure	32
5.11.7	Specified conditions	33
5.12	Intermodulation distortion (two-tone) (P_n/P_1)	33
5.12.1	Purpose	33
5.12.2	Circuit diagram	33
5.12.3	Principle of measurement	33

5.12.4	Circuit description and requirements.....	34
5.12.5	Precaution to be observed	34
5.12.6	Measurement procedure	34
5.12.7	Specified conditions.....	35
5.13	Power at the intercept point (for intermodulation products) ($P_n(IP)$)	35
5.13.1	Purpose	35
5.13.2	Circuit diagram	35
5.13.3	Principle of measurement	35
5.13.4	Circuit description and requirements.....	35
5.13.5	Precaution to be observed	35
5.13.6	Measurement procedure	35
5.13.7	Specified conditions.....	36
5.14	Turn on time(t_{ON}), turn off time(t_{Off})	36
5.14.1	Purpose	36
5.14.2	Circuit diagram	36
5.14.3	Principle of measurement	37
5.14.4	Circuit description and requirements.....	38
5.14.5	Precaution to be observed	38
5.14.6	Measurement procedure	38
5.14.7	Specified conditions.....	38
	Bibliography.....	39
	Figure 1 – Example block diagram	12
	Figure 2 – Circuit diagram for the measurement of the insertion loss (method 1)	16
	Figure 3 – Circuit diagram for the measurement of the scattering parameters	18
	Figure 4 – Circuit diagram for the measurement of the return loss (method 1).....	24
	Figure 5 – Circuit diagram for the measurement of intermodulation distortion	34
	Figure 6 – Circuit diagram for the measurement of switching times	36
	Figure 7 – Input and output waveforms	37
	Table 1 – Function of terminals.....	12
	Table 2 – Electrical limiting values	13
	Table 3 – Electrical limiting values in detail specification	13
	Table 4 –Temperatures.....	14
	Table 5 – Electrical characteristics.....	14

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES –

**Part 16-9: Microwave integrated circuits –
Phase shifters**

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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60747-16-9 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
47E/835/FDIS	47E/842/RVD

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/publications.

A list of all parts in the IEC 60747 series, published under the general title *Semiconductor devices*, 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, or
- revised.

SEMICONDUCTOR DEVICES –

Part 16-9: Microwave integrated circuits – Phase shifters

1 Scope

This part of IEC 60747 specifies the terminology, essential ratings, and characteristics, and measuring methods of microwave integrated circuit phase shifters.

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 60747-1:2006, *Semiconductor devices – Part 1: General*
IEC 60747-1:2006/AMD1:2010

IEC 60747-4:2007, *Semiconductor devices – Discrete devices – Part 4: Microwave diodes and transistors*
IEC 60747-4:2007/AMD1:2017

IEC 61340-5-1, *Electrostatics – Part 5-1: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – General requirements*

IEC TR 61340-5-2, *Electrostatics – Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	43
1 Domaine d'application	45
2 Références normatives	45
3 Termes et définitions	45
4 Valeurs assignées et caractéristiques essentielles	48
4.1 Exigences générales	48
4.1.1 Identification et types de circuits	48
4.1.2 Description de la fonction générale	48
4.1.3 Technologie de fabrication	48
4.1.4 Identification du boîtier	48
4.2 Description de l'application	49
4.2.1 Conformité au système et/ou aux informations d'interface	49
4.2.2 Schéma de principe global	49
4.2.3 Données de référence	49
4.2.4 Compatibilité électrique	49
4.2.5 Dispositifs associés	49
4.3 Spécification de la fonction	49
4.3.1 Schéma de principe détaillé – blocs fonctionnels	49
4.3.2 Identification et fonction des bornes	50
4.3.3 Description fonctionnelle	50
4.4 Valeurs limites (système de valeurs assignées maximales absolues)	51
4.4.1 Exigences	51
4.4.2 Valeurs limites électriques	52
4.4.3 Températures	52
4.5 Conditions de fonctionnement (dans la plage de températures de fonctionnement spécifiée)	53
4.6 Caractéristiques électriques	53
4.7 Valeurs assignées, caractéristiques et données mécaniques et environnementales	54
4.8 Informations supplémentaires	54
5 Méthodes de mesure	54
5.1 Généralités	54
5.1.1 Précautions générales	54
5.1.2 Impédance caractéristique	54
5.1.3 Précautions de manipulation	55
5.1.4 Types	55
5.2 Perte d'insertion (L_{ins})	55
5.2.1 But de l'essai	55
5.2.2 Méthodes de mesure	55
5.3 Valeur de déphasage (S_{ph})	58
5.3.1 But de l'essai	58
5.3.2 Schéma du circuit	58
5.3.3 Principe de mesure	59
5.3.4 Description et exigences du circuit	59
5.3.5 Précautions à prendre	59
5.3.6 Procédure de mesure	59
5.3.7 Conditions spécifiées	59

5.4	Plage de déphasage (R_{ph}).....	59
5.4.1	But de l'essai.....	59
5.4.2	Schéma du circuit.....	60
5.4.3	Principe de mesure.....	60
5.4.4	Description et exigences du circuit.....	60
5.4.5	Précautions à prendre.....	60
5.4.6	Procédure de mesure.....	60
5.4.7	Conditions spécifiées.....	60
5.5	Précision du déphasage (S_{acc}).....	60
5.5.1	But de l'essai.....	60
5.5.2	Schéma du circuit.....	61
5.5.3	Principe de mesure.....	61
5.5.4	Description et exigences du circuit.....	61
5.5.5	Précautions à prendre.....	61
5.5.6	Procédure de mesure.....	61
5.5.7	Conditions spécifiées.....	61
5.6	Valeur efficace de la précision du déphasage ($S_{acc(eff)}$).....	62
5.6.1	But de l'essai.....	62
5.6.2	Schéma du circuit.....	62
5.6.3	Principe de mesure.....	62
5.6.4	Description et exigences du circuit.....	62
5.6.5	Précautions à prendre.....	62
5.6.6	Procédure de mesure.....	62
5.6.7	Conditions spécifiées.....	63
5.7	Affaiblissement de réflexion d'entrée ($L_{ret(in)}$).....	63
5.7.1	But de l'essai.....	63
5.7.2	Méthodes de mesure.....	63
5.8	Affaiblissement de réflexion de sortie ($L_{ret(out)}$).....	65
5.8.1	But de l'essai.....	65
5.8.2	Méthodes de mesure.....	65
5.9	Planéité de l'amplitude (F_{amp}).....	67
5.9.1	But de l'essai.....	67
5.9.2	Méthodes de mesure.....	68
5.10	Variation de perte d'insertion (L_{rip}).....	69
5.10.1	But de l'essai.....	69
5.10.2	Méthodes de mesure.....	69
5.11	Puissance d'entrée pour 1 dB de compression ($P_{i(1dB)}$).....	71
5.11.1	But de l'essai.....	71
5.11.2	Schéma du circuit.....	71
5.11.3	Principe de mesure.....	72
5.11.4	Description et exigences du circuit.....	72
5.11.5	Précaution à prendre.....	72
5.11.6	Procédure de mesure.....	72
5.11.7	Conditions spécifiées.....	72
5.12	Distorsion d'intermodulation (deux tonalités) (P_n/P_1).....	72
5.12.1	But de l'essai.....	72
5.12.2	Schéma du circuit.....	72

5.12.3	Principe de mesure.....	73
5.12.4	Description et exigences du circuit.....	74
5.12.5	Précaution à prendre	74
5.12.6	Procédure de mesure	74
5.12.7	Conditions spécifiées.....	74
5.13	Puissance au point d'interception (pour les produits d'intermodulation) ($P_{n(IP)}$).....	75
5.13.1	But de l'essai.....	75
5.13.2	Schéma du circuit.....	75
5.13.3	Principe de mesure.....	75
5.13.4	Description et exigences du circuit.....	75
5.13.5	Précaution à prendre	75
5.13.6	Procédure de mesure	75
5.13.7	Conditions spécifiées.....	76
5.14	Temps d'établissement (t_{ON}), temps de coupure (t_{OFF}).....	76
5.14.1	But de l'essai.....	76
5.14.2	Schéma du circuit.....	76
5.14.3	Principe de mesure.....	77
5.14.4	Description et exigences du circuit.....	78
5.14.5	Précaution à prendre	78
5.14.6	Procédure de mesure	78
5.14.7	Conditions spécifiées.....	78
Bibliographie.....		79
Figure 1 – Exemple de schéma de principe.....		50
Figure 2 – Schéma du circuit de mesure de la perte d'insertion (méthode 1).....		55
Figure 3 – Schéma du circuit de mesure des paramètres de diffusion		57
Figure 4 – Schéma du circuit de mesure de l'affaiblissement de réflexion (méthode 1)		63
Figure 5 – Schéma du circuit de mesure de la distorsion d'intermodulation.....		73
Figure 6 – Schéma du circuit de mesure des temps de commutation.....		76
Figure 7 – Formes d'onde d'entrée et de sortie		77
Tableau 1 – Fonction des bornes		51
Tableau 2 – Valeurs limites électriques.....		52
Tableau 3 – Valeurs limites électriques dans la spécification particulière		52
Tableau 4 – Températures		52
Tableau 5 – Caractéristiques électriques		53

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 16-9: Circuits intégrés hyperfréquences – Déphaseurs

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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevet.

L'IEC 60747-16-9 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs. Il s'agit d'une Norme internationale.

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

Projet	Rapport de vote
47E/835/FDIS	47E/842/RVD

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 la présente Norme internationale est l'anglais.

La version française de la norme n'a pas été soumise au vote.

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/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60747, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs*, se trouve 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, ou
- révisé.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 16-9: Circuits intégrés hyperfréquences – Déphaseurs

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60747 spécifie la terminologie, les valeurs assignées et caractéristiques essentielles, et les méthodes de mesure des déphaseurs des circuits intégrés hyperfréquences.

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 60747-1:2006, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1: Généralités*
IEC 60747-1:2006/AMD1:2010

IEC 60747-4:2007, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets – Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences*
IEC 60747-4:2007/AMD1:2017

IEC 61340-5-1, *Électrostatique – Partie 5-1: Protection des dispositifs électroniques contre les phénomènes électrostatiques – Exigences générales*

IEC TR 61340-5-2, *Electrostatics – Part 5-2: Protection of electronic devices from electrostatic phenomena – User guide (disponible en anglais seulement)*