



IEC 60747-16-7

Edition 1.0 2022-11

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Semiconductor devices –  
Part 16-7: Microwave integrated circuits – Attenuators**

**Dispositifs à semiconducteurs –  
Partie 16-7: Circuits intégrés hyperfréquences – Atténuateurs**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-6116-3

**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 .....	11
4.1.3 Manufacturing technology.....	11
4.1.4 Package identification.....	11
4.2 Application description .....	11
4.2.1 Conformance to system and/or interface information .....	11
4.2.2 Overall block diagram .....	11
4.2.3 Reference data .....	11
4.2.4 Electrical compatibility .....	11
4.2.5 Associated devices .....	12
4.3 Specification of the function .....	12
4.3.1 Detailed block diagram – Functional blocks .....	12
4.3.2 Identification and function of terminals.....	12
4.3.3 Function description .....	13
4.4 Limiting values (absolute maximum rating system).....	13
4.4.1 Requirements .....	13
4.4.2 Electrical limiting values .....	13
4.4.3 Temperatures .....	14
4.5 Operating conditions (within the specified operating temperature range).....	15
4.6 Electrical characteristics .....	15
4.7 Mechanical and environmental ratings, characteristics and data .....	15
4.8 Additional information .....	16
5 Measuring methods .....	16
5.1 General.....	16
5.1.1 General precautions .....	16
5.1.2 Characteristic impedance .....	16
5.1.3 Handling precautions .....	16
5.1.4 Types .....	16
5.2 Transmission loss ( $L_{trans}$ ) and insertion loss ( $L_{ins}$ ).....	17
5.2.1 Purpose.....	17
5.2.2 Measuring methods .....	17
5.3 Attenuation value ( $A_{att}$ ).....	20
5.3.1 Purpose .....	20
5.3.2 Measuring methods .....	20
5.4 Attenuation range ( $A_{ran}$ ).....	22
5.4.1 Purpose.....	22
5.4.2 Measuring methods .....	22
5.5 Attenuation accuracy ( $A_{aur}$ ), Attenuation accuracy (RMS) ( $A_{aur(RMS)}$ ) .....	24
5.5.1 Purpose.....	24
5.5.2 Measuring methods .....	24

5.6	Input return loss ( $L_{\text{ret(in)}}$ ) .....	26
5.6.1	Purpose .....	26
5.6.2	Measuring methods .....	26
5.7	Output return loss ( $L_{\text{ret(out)}}$ ) .....	29
5.7.1	Purpose .....	29
5.7.2	Measuring methods .....	29
5.8	Input power at $n$ dB compression ( $P_{i(\text{ndB})}$ ).....	31
5.8.1	Purpose .....	31
5.8.2	Circuit diagram .....	31
5.8.3	Principle of measurement .....	31
5.8.4	Circuit description and requirements.....	31
5.8.5	Precautions to be observed .....	31
5.8.6	Measurement procedure .....	31
5.8.7	Specified conditions.....	31
5.9	Intermodulation distortion (two-tone)( $P_n/P_1$ ) .....	32
5.9.1	Purpose .....	32
5.9.2	Circuit diagram .....	32
5.9.3	Principle of measurement .....	32
5.9.4	Circuit description and requirements.....	33
5.9.5	Precautions to be observed .....	33
5.9.6	Measurement procedure .....	33
5.9.7	Specified conditions.....	33
5.10	Power at the intercept point (for intermodulation products) ( $P_n(\text{IP})$ ) .....	34
5.10.1	Purpose .....	34
5.10.2	Circuit diagram .....	34
5.10.3	Principle of measurement .....	34
5.10.4	Circuit description and requirements.....	34
5.10.5	Precautions to be observed .....	34
5.10.6	Measurement procedure .....	34
5.10.7	Specified conditions.....	34
5.11	Relative phase shift ( $\theta_{\text{rel}}$ ) .....	35
5.11.1	Purpose .....	35
5.11.2	Circuit diagram .....	35
5.11.3	Principle of measurement .....	35
5.11.4	Circuit description and requirements.....	35
5.11.5	Precautions to be observed .....	35
5.11.6	Measurement procedure .....	36
5.11.7	Specified conditions.....	36
5.12	Turn on time( $t_{\text{ON}}$ ), turn off time( $t_{\text{off}}$ ), rise time( $t_{\text{r(out)}}$ ), fall time( $t_{\text{f(out)}}$ ) .....	36
5.12.1	Purpose .....	36
5.12.2	Circuit diagram .....	36
5.12.3	Principle of measurement .....	36
5.12.4	Circuit description and requirements.....	38
5.12.5	Precautions to be observed .....	38
5.12.6	Measurement procedure .....	38
5.12.7	Specified conditions.....	38
5.13	Control voltage sensitivity ( $S_{\text{Vcont}}$ ).....	38

5.13.1	Purpose.....	38
5.13.2	Measuring methods .....	38
	Bibliography.....	41
	Figure 1 – Circuit diagram for the measurement of the transmission loss and insertion loss (method 1).....	17
	Figure 2 – Circuit diagram for the measurement of the scattering parameters .....	19
	Figure 3 – Circuit diagram for the measurement of the return loss (method 1).....	27
	Figure 4 – Circuit diagram for the measurement of intermodulation distortion .....	32
	Figure 5 – Circuit diagram for the measurement of response times and switching times.....	36
	Figure 6 – Input and output waveforms .....	37
	Table 1 – Function of terminals .....	12
	Table 2 – Electrical limiting values .....	14
	Table 3 – Electrical limiting values in detail specification .....	14
	Table 4 – Temperatures .....	14
	Table 5 – Electrical characteristics.....	15

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## SEMICONDUCTOR DEVICES –

**Part 16-7: Microwave integrated circuits –  
Attenuators**

## 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 60747-16-7 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/794/FDIS	47E/798/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](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/publications](http://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](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.

## SEMICONDUCTOR DEVICES –

### Part 16-7: Microwave integrated circuits – Attenuators

#### 1 Scope

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

#### 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/AMD 1:2010

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

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 .....	45
1 Domaine d'application .....	47
2 Références normatives .....	47
3 Termes et définitions .....	47
4 Valeurs assignées et caractéristiques essentielles .....	51
4.1 Exigences générales .....	51
4.1.1 Identification et types de circuits .....	51
4.1.2 Description de la fonction générale .....	51
4.1.3 Technologie de fabrication .....	51
4.1.4 Identification du boîtier .....	51
4.2 Description de l'application .....	51
4.2.1 Conformité au système et/ou aux informations d'interface .....	51
4.2.2 Schéma de principe global .....	52
4.2.3 Données de référence .....	52
4.2.4 Compatibilité électrique .....	52
4.2.5 Dispositifs associés .....	52
4.3 Spécification de la fonction .....	52
4.3.1 Schéma de principe détaillé – Blocs fonctionnels .....	52
4.3.2 Identification et fonction des bornes .....	53
4.3.3 Description fonctionnelle .....	53
4.4 Valeurs limites (système de valeurs assignées maximales absolues) .....	54
4.4.1 Exigences .....	54
4.4.2 Valeurs limites électriques .....	54
4.4.3 Températures .....	55
4.5 Conditions de fonctionnement (dans la plage de températures de fonctionnement spécifiée) .....	55
4.6 Caractéristiques électriques .....	56
4.7 Valeurs assignées, caractéristiques et données mécaniques et environnementales .....	56
4.8 Informations supplémentaires .....	56
5 Méthodes de mesure .....	57
5.1 Généralités .....	57
5.1.1 Précautions générales .....	57
5.1.2 Impédance caractéristique .....	57
5.1.3 Précautions de manipulation .....	57
5.1.4 Types .....	57
5.2 Affaiblissement de transmission ( $L_{trans}$ ) et perte d'insertion ( $L_{ins}$ ) .....	58
5.2.1 Objectif .....	58
5.2.2 Méthodes de mesure .....	58
5.3 Valeur d'affaiblissement ( $A_{att}$ ) .....	61
5.3.1 Objectif .....	61
5.3.2 Méthodes de mesure .....	61
5.4 Plage d'affaiblissement ( $A_{ran}$ ) .....	63
5.4.1 Objectif .....	63
5.4.2 Méthodes de mesure .....	63



5.5	Exactitude de l'affaiblissement ( $A_{aur}$ ), Exactitude de l'affaiblissement (efficace) ( $A_{aur(RMS)}$ ) .....	65
5.5.1	Objectif .....	65
5.5.2	Méthodes de mesure .....	65
5.6	Affaiblissement de réflexion d'entrée ( $L_{ret(in)}$ ) .....	67
5.6.1	Objectif .....	67
5.6.2	Méthodes de mesure .....	67
5.7	Affaiblissement de réflexion de sortie ( $L_{ret(out)}$ ) .....	70
5.7.1	Objectif .....	70
5.7.2	Méthodes de mesure .....	70
5.8	Puissance d'entrée pour une compression de $n$ dB ( $P_{i(ndB)}$ ) .....	72
5.8.1	Objectif .....	72
5.8.2	Schéma de circuit .....	72
5.8.3	Principe de mesure .....	72
5.8.4	Description et exigences du circuit .....	72
5.8.5	Précautions à prendre .....	72
5.8.6	Procédure de mesure .....	72
5.8.7	Conditions spécifiées .....	73
5.9	Distorsion d'intermodulation (deux tonalités) ( $P_n/P_1$ ) .....	73
5.9.1	Objectif .....	73
5.9.2	Schéma de circuit .....	73
5.9.3	Principe de mesure .....	73
5.9.4	Description et exigences du circuit .....	74
5.9.5	Précautions à prendre .....	74
5.9.6	Procédure de mesure .....	74
5.9.7	Conditions spécifiées .....	74
5.10	Puissance au point d'interception (pour les produits d'intermodulation) ( $P_{n(IP)}$ ) .....	75
5.10.1	Objectif .....	75
5.10.2	Schéma de circuit .....	75
5.10.3	Principe de mesure .....	75
5.10.4	Description et exigences du circuit .....	75
5.10.5	Précautions à prendre .....	75
5.10.6	Procédure de mesure .....	75
5.10.7	Conditions spécifiées .....	76
5.11	Déphasage relatif ( $\theta_{rel}$ ) .....	76
5.11.1	Objectif .....	76
5.11.2	Schéma de circuit .....	76
5.11.3	Principe de mesure .....	76
5.11.4	Description et exigences du circuit .....	76
5.11.5	Précautions à prendre .....	77
5.11.6	Procédure de mesure .....	77
5.11.7	Conditions spécifiées .....	77
5.12	Temps d'action ( $t_{on}$ ), temps de relâchement ( $t_{off}$ ), temps de montée ( $t_{r(out)}$ ), temps de descente ( $t_{f(out)}$ ) .....	77
5.12.1	Objectif .....	77
5.12.2	Schéma de circuit .....	77
5.12.3	Principe de mesure .....	78

5.12.4	Description et exigences du circuit.....	79
5.12.5	Précautions à prendre .....	79
5.12.6	Procédure de mesure .....	79
5.12.7	Conditions spécifiées.....	80
5.13	Sensibilité de la tension de commande ( $S_{Vcont}$ ).....	80
5.13.1	Objectif.....	80
5.13.2	Méthodes de mesure .....	80
Bibliographie.....		83
Figure 1	Schéma de circuit pour la mesure de l'affaiblissement de transmission et de la perte d'insertion (méthode 1).....	58
Figure 2	Schéma de circuit pour la mesure des paramètres de diffusion .....	60
Figure 3	Schéma de circuit pour la mesure de l'affaiblissement de réflexion (méthode 1) .....	68
Figure 4	Schéma de circuit pour la mesure de la distorsion d'intermodulation .....	73
Figure 5	Schéma de circuit pour la mesure des temps de réponse et des temps de commutation .....	78
Figure 6	Formes d'onde d'entrée et de sortie .....	78
Tableau 1	Fonction des bornes .....	53
Tableau 2	Valeurs limites électriques.....	54
Tableau 3	Valeurs limites électriques dans la spécification particulière.....	55
Tableau 4	Températures .....	55
Tableau 5	Caractéristiques électriques .....	56

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

Partie 16-7: Circuits intégrés hyperfréquences –  
Atténuateurs

## 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. 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 brevets. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60747-16-7 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/794/FDIS	47E/798/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 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](http://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](http://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](http://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.

## DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –

### Partie 16-7: Circuits intégrés hyperfréquences – Atténuateurs

#### 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 atténuateurs 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/AMD 1:2010

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

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)