



IEC 60747-4

Edition 2.1 2017-01
CONSOLIDATED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Discrete devices –
Part 4: Microwave diodes and transistors**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets –
Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.10; 31.080.30

ISBN 978-2-8322-3919-3

**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.**

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Semiconductor devices – Discrete devices –
Part 4: Microwave diodes and transistors**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets –
Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Variable capacitance, snap-off diodes and fast-switching schottky diodes	8
3.1 Variable capacitance diodes.....	8
3.1.1 General	8
3.1.2 Terminology and letter symbols	9
3.1.3 Essential ratings and characteristics.....	9
3.1.4 Measuring methods	12
3.2 Snap-off diodes, Schottky diodes	39
3.2.1 General	39
3.2.2 Terminology and letter symbols	39
3.2.3 Essential ratings and characteristics.....	39
3.2.4 Measuring methods	41
4 Mixer diodes and detector diodes	48
4.1 Mixer diodes used in radar applications	48
4.1.1 General	48
4.1.2 Terminology and letter symbols	48
4.1.3 Essential ratings and characteristics.....	48
4.1.4 Measuring methods	50
4.2 Mixer diodes used in communication applications.....	69
4.2.1 General	69
4.2.2 Terminology and letter symbols	69
4.2.3 Essential ratings and characteristics.....	69
4.2.4 Measuring methods	71
4.3 Detector diodes	71
5 Impatt diodes.....	71
5.1 Impatt diodes amplifiers	71
5.1.1 General	71
5.1.2 Terms and definitions	71
5.1.3 Essential ratings and characteristics.....	74
5.2 Impatt diodes oscillators	77
6 Gunn diodes.....	77
6.1 General.....	77
6.2 Terms and definitions	78
6.3 Essential ratings and characteristics	78
6.4 Measuring methods.....	78
6.4.1 Pulse breakdown voltage $V_{(BR)}$	78
6.4.2 Threshold voltage.....	79
6.4.3 Resistance	80
7 Bipolar transistors	81
7.1 General.....	81
7.2 Terms and definitions	81
7.3 Essential ratings and characteristics	84
7.3.1 General	84
7.3.2 Limiting values (absolute maximum rating system)	84

7.4	Measuring methods	87
7.4.1	General	87
7.4.2	DC characteristics	89
7.4.3	RF characteristics.....	89
7.5	Verifying methods	103
7.5.1	Load mismatch tolerance (Ψ_L).....	103
7.5.2	Source mismatch tolerance (Ψ_S)	106
7.5.3	Load mismatch ruggedness (Ψ_R).....	110
8	Field-effect transistors	111
8.1	General	111
8.2	Terms and definitions	111
8.3	Essential ratings and characteristics	114
8.3.1	General	114
8.3.2	Limiting values (absolute maximum rating system)	115
8.4	Measuring methods	116
8.4.1	General	116
8.4.2	DC characteristics	117
8.4.3	RF characteristics.....	123
8.5	Verifying methods	134
8.5.1	Load mismatch tolerance (Ψ_L).....	134
8.5.2	Source mismatch tolerance (Ψ_S)	134
8.5.3	Load mismatch ruggedness (Ψ_R).....	134
9	Assessment and reliability – specific requirements	134
9.1	Electrical test conditions.....	134
9.2	Failure criteria and failure-defining characteristics for acceptance tests	134
9.3	Failure criteria and failure-defining characteristics for reliability tests	134
9.4	Procedure in case of a testing error.....	134
Figure 1 – Equivalent circuit.....		12
Figure 2 – Circuit for the measurement of reverse current I_R		12
Figure 3 – Circuit for the measurement of forward voltage V_F		13
Figure 4 – Circuit for the measurement of capacitance C_{tot}		14
Figure 5 – Circuit for the measurement of effective quality factor		15
Figure 6 – Circuit for the measurement of series inductance		17
Figure 7 – Circuit for the measurement of thermal resistance R_{th}		18
Figure 8 – Circuit for the measurement of transient thermal impedance Z_{th}		19
Figure 9 – Waveguide mounting.....		21
Figure 10 – Equivalent circuit of mounted diode.....		21
Figure 11 – Block diagram of transmission loss measurement circuit		22
Figure 12 – Curve indicating transmitted power versus frequency		24
Figure 13 – Example of cavity.....		26
Figure 14 – Block diagram for the measurement of effective Q in cavity method		28

Figure 15 – Block diagram of transformed impedance measurement circuit.....	35
Figure 16 – Example of plot of diode impedance as a function of bias.....	36
Figure 17 – Modified Smith Chart indicating constant Q and constant R circles.....	38
Figure 18 – Transition time t_t	39
Figure 19 – Circuit for the measurement of transition time (t_t)	41
Figure 20 – The time interval (t_{t1})	43
Figure 21 – Circuit for the measurement of reverse recovery time.....	43
Figure 22 – The reverse recovery time t_{rr}	44
Figure 23 – Circuit for the measurement of the excess carrier effective lifetime	45
Figure 24 – Circuit for the measurement of the excess carrier effective lifetime	46
Figure 25 – the ratio of i_{pr} to i_{pf}	47
Figure 26 – Circuit for the measurement of forward current (I_F).....	50
Figure 27 – Circuit for the measurement of rectified current (I_0)	51
Figure 28 – Circuit for the measurement of intermediate frequency impedance (Z_{if}) in the method 1.....	52
Figure 29 – Circuit for the measurement of intermediate frequency impedance (Z_{if}) in the method 2.....	53
Figure 30 – Circuit for the measurement of voltage standing wave ratio.....	55
Figure 31 – Circuit for the measurement of overall noise factor.....	57
Figure 32 – Circuit for the measurement of output noise ratio	61
Figure 33 – Circuit for the measurement of conversion loss in dc incremental method	63
Figure 34 – Circuit for the measurement of conversion loss in amplitude modulation method	64
Figure 35 – Block diagram of burnout energy measurement circuit.....	65
Figure 36 – Circuit for the measurement of pulse breakdown voltage.....	78
Figure 37 – Circuit for the measurement of threshold voltage.....	79
Figure 38 – Circuit for the measurement of resistance in voltmeter-ammeter method.....	80
Figure 39 – Circuit for the measurement of resistance in alternative method.....	81
Figure 40 – Circuit for the measurement of scattering parameters	91
Figure 41 – Incident and reflected waves in a two-port network	92
Figure 42 – Circuit for the measurements of two-tone intermodulation distortion	98
Figure 43 – Example of third order intermodulation products indicated by the spectrum analyser.....	100
Figure 44 – Typical intermodulation products output power characteristic	102
Figure 45 – Circuit for the verification of load mismatch tolerance in the method 1.....	103
Figure 46 – Circuit for the verification of load mismatch tolerance in the method 2.....	105
Figure 47 – Circuit for the verification of source mismatch tolerance in the method 1.....	107

Figure 48 – Circuit for the verification of source mismatch tolerance in the method 2.....	109
Figure 49 – Circuit for the verification of load mismatch ruggedness	110
Figure 50 – Circuit for the measurements of gate-source breakdown voltage, $V_{(BR)GSO}$	118
Figure 51 – Circuit for the measurements of gate-drain breakdown voltage, $V_{(BR)GDO}$	118
Figure 52 – Circuit for the measurement of thermal resistance, channel-to-case	119
Figure 53 – Timing chart of DC pulse to be supplied to the device being measured	121
Figure 54 – Calibration curve $V_{GSF} = f(T_{ch})$ for fixed $I_{G(ref)}$, evaluation of α	122
Figure 55 – V_{GSF2} in function of delay time τ_4	123
Figure 56 – Circuit for the measurement of output power at specified input power	124
Figure 57 – Circuit for the measurements of the noise figure and associated gain.....	129
Table 1 – Electrical limiting values	84
Table 2 – DC characteristics	85
Table 3 – RF characteristics	86
Table 4 – Replacing rule for terms	87
Table 5 – Replacing rule for symbols in the case of constant base current.....	88
Table 6 – Replacing rule for symbols in the case of constant base voltage	88
Table 7 – Electrical limiting values	115
Table 8 – DC characteristics	115
Table 9 – RF characteristics	116
Table 10 – Replacing rules for terms.....	117
Table 11 – Replacing rules for symbols.....	117
Table 12 – Operating conditions and Test circuits	135
Table 13 – Failure criteria and measurement conditions	137

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
DISCRETE DEVICES –****Part 4: Microwave diodes and transistors**

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60747-4 edition 2.1 contains the second edition (2007-08) [documents 47E/330/FDIS and 47E/339/RVD] and its amendment 1 (2017-01) [documents 47E/499/CDV and 47E/517/RVC].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 60747-4 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This second edition constitutes a technical revision.

The major technical changes with regard to the previous edition are as follows:

- a) the clause of bipolar transistors has been added;
- b) the clause of field-effect transistors has been amended.

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

The list of all parts of the IEC 60747 series, under the general title *Semiconductor devices – Discrete devices*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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.

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 – DISCRETE DEVICES –

Part 4: Microwave diodes and transistors

1 Scope

This part of IEC 60747 gives requirements for the following categories of discrete devices:

- variable capacitance diodes and snap-off diodes (for tuning, up-converter or harmonic multiplication, switching, limiting, phased shift, parametric amplification);
- mixer diodes and detector diodes;
- avalanche diodes (for direct harmonic generation, amplification);
- gunn diodes (for direct harmonic generation);
- bipolar transistors (for amplification, oscillation);
- field-effect transistors (for amplification, oscillation).

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 referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-702:1992, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 702: Oscillations, signals and related devices* (available at: <<http://www.electropedia.org>>)

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

IEC 60747-7:2000, *Semiconductor devices – Part 7: Bipolar transistors*

IEC 60747-8:2000, *Semiconductor devices – Part 8: Field-effect transistors*

~~IEC 60747-16-1:2001, *Semiconductor devices – Part 16-1: Microwave integrated circuits – Amplifiers*
Amendment 1(2007)~~

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	142
1 Domaine d'application	144
2 Références normatives	144
3 Diodes à capacité variable, diodes à retour rapide et diodes schottky de commutation rapide	144
3.1 Diodes à capacité variable	144
3.1.1 Généralités	144
3.1.2 Terminologie et symboles littéraux	145
3.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	145
3.1.4 Méthodes de mesure	148
3.2 Diodes à retour rapide, diodes Schottky	176
3.2.1 Généralités	176
3.2.2 Terminologie et symboles littéraux	176
3.2.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	176
3.2.4 Méthodes de mesure	178
4 Diodes mélangeuses et diodes détectrices	185
4.1 Diodes mélangeuses utilisées dans les applications radar	185
4.1.1 Généralités	185
4.1.2 Terminologie et symboles littéraux	185
4.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	185
4.1.4 Méthodes de mesure	187
4.2 Diodes mélangeuses utilisées en transmission	206
4.2.1 Généralités	206
4.2.2 Terminologie et symboles littéraux	206
4.2.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	206
4.2.4 Méthodes de mesure	208
4.3 Diodes détectrices	208
5 Diodes Impatt	208
5.1 Diodes Impatt pour applications en amplificateur	208
5.1.1 Généralités	208
5.1.2 Termes et définitions	208
5.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	211
5.2 Diodes Impatt pour applications en oscillateur	214
6 Diodes Gunn	214
6.1 Généralités	214
6.2 Termes et définitions	215
6.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	215
6.4 Méthodes de mesure	215
6.4.1 Tension de claquage d'impulsion $V_{(BR)}$	215
6.4.2 Tension de seuil	216
6.4.3 Résistance	217
7 Transistors bipolaires	218
7.1 Généralités	218
7.2 Termes et définitions	218
7.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	221
7.3.1 Généralités	221

7.3.2	Valeurs limites (système de valeurs limites maximales absolues)	221
7.4	Méthodes de mesure	224
7.4.1	Généralités	224
7.4.2	Caractéristiques en continu	226
7.4.3	Caractéristiques RF	226
7.5	Méthodes de vérification	240
7.5.1	Tolérance de charge non adaptée (Ψ_L)	240
7.5.2	Tolérance de source non adaptée (Ψ_S)	243
7.5.3	Robustesse de charge non adaptée (Ψ_R)	246
8	Transistors à effet de champ	247
8.1	Généralités	247
8.2	Termes et définitions	247
8.3	Valeurs limites et caractéristiques essentielles	250
8.3.1	Généralités	250
8.3.2	Valeurs limites (système de valeurs limites maximales absolues)	250
8.4	Méthodes de mesure	252
8.4.1	Généralités	252
8.4.2	Caractéristiques en continu	253
8.4.3	Caractéristiques RF	260
8.5	Méthodes de vérification	271
8.5.1	Tolérance de charge non adaptée (Ψ_L)	271
8.5.2	Tolérance de source non adaptée (Ψ_S)	271
8.5.3	Robustesse de charge non adaptée (Ψ_R)	271
9	Réception et fiabilité – Exigences spécifiques	271
9.1	Conditions pour les essais électriques	271
9.2	Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de réception	271
9.3	Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de fiabilité	271
9.4	Procédure à suivre dans le cas d'une erreur d'essai	271
Figure 1 – Circuit équivalent		148
Figure 2 – Circuit pour la mesure du courant inverse I_R		149
Figure 3 – Circuit pour la mesure de la tension directe V_F		150
Figure 4 – Circuit pour la mesure de la capacité totale C_{tot}		151
Figure 5 – Circuit de base pour la mesure du facteur de qualité effectif		152
Figure 6 – Circuit de base pour la mesure de l'inductance série		153
Figure 7 – Circuit pour la mesure de la résistance thermique R_{th}		155
Figure 8 – Circuit pour la mesure de l'impédance thermique transitoire Z_{th}		156
Figure 9 – Montage en guide d'ondes		158
Figure 10 – Circuit équivalent de la diode dans sa monture		158
Figure 11 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure des pertes de transmission		159
Figure 12 – Courbe indiquant la puissance transmise en fonction de la fréquence		161
Figure 13 – Exemple de cavité		163
Figure 14 – Schéma synoptique		165
Figure 15 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure par transformation de la représentation d'impédance		172

Figure 16 – Exemple de diagramme de l'impédance de la diode en fonction de la polarisation.....	173
Figure 17 – Diagramme de Smith modifié, indiquant les cercles de Q constant et de R constante.....	175
Figure 18 – Temps de transition t_t	176
Figure 19 – Circuit pour la mesure du temps de transition (t_t).....	178
Figure 20 – L'intervalle de temps (t_{t1}).....	180
Figure 21 – Circuit pour la mesure du temps de recouvrement inverse.....	180
Figure 22 – Le temps de recouvrement inverse t_{rr}	181
Figure 23 – Principe de mesure de durée de vie des porteurs en excès.....	182
Figure 24 – Circuit pour la mesure de la durée de vie effective des porteurs en excès.....	183
Figure 25 – le rapport i_{pr} sur i_{pf}	184
Figure 26 – Circuit pour la mesure du courant direct (I_F).....	187
Figure 27 – Circuit pour la mesure du courant redressé (I_0).....	188
Figure 28 – Circuit pour la mesure de l'impédance à la fréquence intermédiaire (Z_{if}) dans la méthode 1.....	189
Figure 29 – Circuit pour la mesure de l'impédance à la fréquence intermédiaire (Z_{if}) dans la méthode 2.....	190
Figure 30 – Circuit pour la mesure du rapport d'ondes stationnaires.....	192
Figure 31 – Circuit pour la mesure du facteur de bruit total.....	194
Figure 32 – Circuit pour la mesure du rapport de température de bruit en sortie.....	198
Figure 33 – Circuit pour la mesure de la perte de conversion par la méthode d'accroissement continu.....	200
Figure 34 – Circuit pour la mesure de la perte de conversion par la méthode de modulation d'amplitude.....	201
Figure 35 – Schéma du circuit de mesure de l'énergie de destruction.....	202
Figure 36 – Circuit pour la mesure de la tension de claquage d'impulsion.....	215
Figure 37 – Circuit pour la mesure de la tension de seuil.....	216
Figure 38 – Circuit pour la mesure de la résistance par la méthode voltmètre – ampèremètre.....	217
Figure 39 – Circuit pour la mesure de la résistance par la méthode de substitution.....	218
Figure 40 – Schéma du circuit de mesure des paramètres de diffusion.....	228
Figure 41 – Ondes incidentes et réfléchies dans un réseau à deux ports.....	229
Figure 42 – Circuit de base pour la mesure de la distorsion d'intermodulation à deux fréquences porteuses.....	235
Figure 43 – Exemple de produit d'intermodulation du troisième ordre par l'analyseur de spectre.....	237
Figure 44 – Caractéristique typique de la de puissance de sortie des produits d'intermodulation.....	239
Figure 45 – Circuit de base pour les mesures de la tolérance de charge non adaptée dans la méthode de vérification 1.....	240
Figure 46 – Circuit de base pour les mesures de la tolérance de charge non adaptée dans la méthode de vérification 2.....	242
Figure 47 – Circuit pour les mesures de la tolérance de source non adaptée dans la méthode de vérification 1.....	243
Figure 48 – Circuit pour les mesures de la tolérance de source non adaptée dans la méthode de vérification 2.....	245

Figure 49 – Circuit de base pour les mesures de la robustesse de charge non adaptée	246
Figure 50 – Circuit de base pour la mesure de la tension de claquage grille-source $V_{(BR)GSO}$	254
Figure 51 – Circuit de base pour la mesure de la tension de claquage grille-source, $V_{(BR)GDO}$	255
Figure 52 – Circuit pour la mesure de la résistance thermique canal-boîtier	256
Figure 53 – Ordre d'application des impulsions de courant continu du dispositif à mesurer	258
Figure 54 – Courbe d'étalonnage $V_{GSF} = f(T_{ch})$ pour une valeur spécifiée de $I_{G(ref)}$, évaluation du coefficient α	259
Figure 55 – V_{GSF2} en fonction du temps de retard τ_4	260
Figure 56 – Circuit de mesure de la puissance de sortie pour une puissance d'entrée spécifiée	261
Figure 57 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit	266
Tableau 1 – Valeurs limites électriques	221
Tableau 2 – Caractéristiques en continu	222
Tableau 3 – Caractéristiques RF	223
Tableau 4 – Règle de remplacement des termes	224
Tableau 5 – Règle de remplacement des symboles dans le cas du courant de base constant	225
Tableau 6 – Règle de remplacement des symboles dans le cas de la tension de base constante	225
Tableau 7 – Valeurs limites électriques	251
Tableau 8 – Caractéristiques en continu	251
Tableau 9 – Caractéristiques RF	252
Tableau 10 – Règles de remplacement des termes	253
Tableau 11 – Règles de remplacement des symboles	253
Tableau 12 – Modes opératoires et circuits de test	272
Tableau 13 – Critères de défaillance et conditions de mesure	274

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS DISCRETS –****Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60747-4 édition 2.1 contient la deuxième édition (2007-08) [documents 47E/330/FDIS et 47E/339/RVD] et son amendement 1 (2017-01) [documents 47E/499/CDV et 47E/517/RVC].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60747-4 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette deuxième édition elle constitue une révision technique.

Les changements techniques majeurs par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- a) l'article concernant les transistors bipolaires a été ajouté ;
- b) l'article concernant les transistors à effet de champ a été modifié.

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

La liste de toutes les parties de la série IEC 60747, présentées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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 DISCRETS –

Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60747 donne les exigences pour les catégories suivantes de dispositifs discrets:

- diodes à capacité variable et diodes à retour rapide (pour accord, transposition ou multiplication de fréquence, commutation, limitation, déphasage, amplification paramétrique);
- diodes mélangeuses et diodes détectrices;
- diodes à avalanche (pour génération directe d'harmoniques, amplification);
- diodes à effet Gunn (pour génération directe d'harmoniques);
- transistors bipolaires (pour amplification, oscillation);
- transistors à effet de champ (pour amplification, oscillation).

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 du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-702:~~1992~~, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 702 : Oscillations, signaux et dispositifs associés* (disponible à l'adresse <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60747-1:2006, ~~Semiconductor devices – Part 1: General (disponible en anglais seulement)~~ *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 1 : Généralités*
IEC 60747-1/AMD1:2010

IEC 60747-7:2000, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 7: Transistors bipolaires*

IEC 60747-8:2000, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 8: Transistors à effet de champ*

~~IEC 60747-16-1:2001, Semiconductor devices – Part 16-1: Microwave integrated circuits – Amplifiers (disponible en anglais seulement) – Amendement 1(2007)~~

FINAL VERSION

VERSION FINALE

**Semiconductor devices – Discrete devices –
Part 4: Microwave diodes and transistors**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets –
Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences**



CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Variable capacitance, snap-off diodes and fast-switching schottky diodes	8
3.1 Variable capacitance diodes.....	8
3.1.1 General	8
3.1.2 Terminology and letter symbols	9
3.1.3 Essential ratings and characteristics.....	9
3.1.4 Measuring methods	12
3.2 Snap-off diodes, Schottky diodes	39
3.2.1 General	39
3.2.2 Terminology and letter symbols	39
3.2.3 Essential ratings and characteristics.....	39
3.2.4 Measuring methods	41
4 Mixer diodes and detector diodes	48
4.1 Mixer diodes used in radar applications	48
4.1.1 General	48
4.1.2 Terminology and letter symbols	48
4.1.3 Essential ratings and characteristics.....	48
4.1.4 Measuring methods	50
4.2 Mixer diodes used in communication applications.....	69
4.2.1 General	69
4.2.2 Terminology and letter symbols	69
4.2.3 Essential ratings and characteristics.....	69
4.2.4 Measuring methods	71
4.3 Detector diodes	71
5 Impatt diodes.....	71
5.1 Impatt diodes amplifiers	71
5.1.1 General	71
5.1.2 Terms and definitions	71
5.1.3 Essential ratings and characteristics.....	74
5.2 Impatt diodes oscillators	77
6 Gunn diodes.....	77
6.1 General.....	77
6.2 Terms and definitions	78
6.3 Essential ratings and characteristics	78
6.4 Measuring methods.....	78
6.4.1 Pulse breakdown voltage $V_{(BR)}$	78
6.4.2 Threshold voltage.....	79
6.4.3 Resistance	80
7 Bipolar transistors	81
7.1 General.....	81
7.2 Terms and definitions	81
7.3 Essential ratings and characteristics	84
7.3.1 General	84
7.3.2 Limiting values (absolute maximum rating system)	84

7.4	Measuring methods	87
7.4.1	General	87
7.4.2	DC characteristics	89
7.4.3	RF characteristics.....	89
7.5	Verifying methods	103
7.5.1	Load mismatch tolerance (Ψ_L).....	103
7.5.2	Source mismatch tolerance (Ψ_S)	106
7.5.3	Load mismatch ruggedness (Ψ_R).....	110
8	Field-effect transistors.....	111
8.1	General.....	111
8.2	Terms and definitions.....	111
8.3	Essential ratings and characteristics	114
8.3.1	General	114
8.3.2	Limiting values (absolute maximum rating system)	115
8.4	Measuring methods.....	116
8.4.1	General	116
8.4.2	DC characteristics	117
8.4.3	RF characteristics.....	123
8.5	Verifying methods	134
8.5.1	Load mismatch tolerance (Ψ_L).....	134
8.5.2	Source mismatch tolerance (Ψ_S)	134
8.5.3	Load mismatch ruggedness (Ψ_R).....	134
9	Assessment and reliability – specific requirements	134
9.1	Electrical test conditions.....	134
9.2	Failure criteria and failure-defining characteristics for acceptance tests	134
9.3	Failure criteria and failure-defining characteristics for reliability tests	134
9.4	Procedure in case of a testing error.....	134
Figure 1 – Equivalent circuit.....		12
Figure 2 – Circuit for the measurement of reverse current I_R		12
Figure 3 – Circuit for the measurement of forward voltage V_F		13
Figure 4 – Circuit for the measurement of capacitance C_{tot}		14
Figure 5 – Circuit for the measurement of effective quality factor		15
Figure 6 – Circuit for the measurement of series inductance		17
Figure 7 – Circuit for the measurement of thermal resistance R_{th}		18
Figure 8 – Circuit for the measurement of transient thermal impedance Z_{th}		19
Figure 9 – Waveguide mounting.....		21
Figure 10 – Equivalent circuit of mounted diode.....		21
Figure 11 – Block diagram of transmission loss measurement circuit		22
Figure 12 – Curve indicating transmitted power versus frequency		24
Figure 13 – Example of cavity.....		26
Figure 14 – Block diagram for the measurement of effective Q in cavity method		28

Figure 15 – Block diagram of transformed impedance measurement circuit.....	35
Figure 16 – Example of plot of diode impedance as a function of bias.....	36
Figure 17 – Modified Smith Chart indicating constant Q and constant R circles.....	38
Figure 18 – Transition time t_t	39
Figure 19 – Circuit for the measurement of transition time (t_t)	41
Figure 20 – The time interval (t_{t1})	43
Figure 21 – Circuit for the measurement of reverse recovery time.....	43
Figure 22 – The reverse recovery time t_{rr}	44
Figure 23 – Circuit for the measurement of the excess carrier effective lifetime	45
Figure 24 – Circuit for the measurement of the excess carrier effective lifetime	46
Figure 25 – the ratio of i_{pr} to i_{pf}	47
Figure 26 – Circuit for the measurement of forward current (I_F).....	50
Figure 27 – Circuit for the measurement of rectified current (I_0)	51
Figure 28 – Circuit for the measurement of intermediate frequency impedance (Z_{if}) in the method 1.....	52
Figure 29 – Circuit for the measurement of intermediate frequency impedance (Z_{if}) in the method 2.....	53
Figure 30 – Circuit for the measurement of voltage standing wave ratio.....	55
Figure 31 – Circuit for the measurement of overall noise factor.....	57
Figure 32 – Circuit for the measurement of output noise ratio	61
Figure 33 – Circuit for the measurement of conversion loss in dc incremental method	63
Figure 34 – Circuit for the measurement of conversion loss in amplitude modulation method	64
Figure 35 – Block diagram of burnout energy measurement circuit.....	65
Figure 36 – Circuit for the measurement of pulse breakdown voltage.....	78
Figure 37 – Circuit for the measurement of threshold voltage.....	79
Figure 38 – Circuit for the measurement of resistance in voltmeter-ammeter method.....	80
Figure 39 – Circuit for the measurement of resistance in alternative method.....	81
Figure 40 – Circuit for the measurement of scattering parameters	91
Figure 41 – Incident and reflected waves in a two-port network	92
Figure 42 – Circuit for the measurements of two-tone intermodulation distortion	98
Figure 43 – Example of third order intermodulation products indicated by the spectrum analyser.....	100
Figure 44 – Typical intermodulation products output power characteristic	102
Figure 45 – Circuit for the verification of load mismatch tolerance in the method 1.....	103
Figure 46 – Circuit for the verification of load mismatch tolerance in the method 2.....	105
Figure 47 – Circuit for the verification of source mismatch tolerance in the method 1.....	107

Figure 48 – Circuit for the verification of source mismatch tolerance in the method 2.....	109
Figure 49 – Circuit for the verification of load mismatch ruggedness	110
Figure 50 – Circuit for the measurements of gate-source breakdown voltage, $V_{(BR)GSO}$	118
Figure 51 – Circuit for the measurements of gate-drain breakdown voltage, $V_{(BR)GDO}$	118
Figure 52 – Circuit for the measurement of thermal resistance, channel-to-case	119
Figure 53 – Timing chart of DC pulse to be supplied to the device being measured	121
Figure 54 – Calibration curve $V_{GSF} = f(T_{ch})$ for fixed $I_{G(ref)}$, evaluation of α	122
Figure 55 – V_{GSF2} in function of delay time τ_4	123
Figure 56 – Circuit for the measurement of output power at specified input power	124
Figure 57 – Circuit for the measurements of the noise figure and associated gain.....	129
Table 1 – Electrical limiting values	84
Table 2 – DC characteristics	85
Table 3 – RF characteristics	86
Table 4 – Replacing rule for terms	87
Table 5 – Replacing rule for symbols in the case of constant base current.....	88
Table 6 – Replacing rule for symbols in the case of constant base voltage	88
Table 7 – Electrical limiting values	115
Table 8 – DC characteristics	115
Table 9 – RF characteristics	116
Table 10 – Replacing rules for terms.....	117
Table 11 – Replacing rules for symbols.....	117
Table 12 – Operating conditions and Test circuits	135
Table 13 – Failure criteria and measurement conditions	137

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
DISCRETE DEVICES –****Part 4: Microwave diodes and transistors**

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60747-4 edition 2.1 contains the second edition (2007-08) [documents 47E/330/FDIS and 47E/339/RVD] and its amendment 1 (2017-01) [documents 47E/499/CDV and 47E/517/RVC].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 60747-4 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This second edition constitutes a technical revision.

The major technical changes with regard to the previous edition are as follows:

- a) the clause of bipolar transistors has been added;
- b) the clause of field-effect transistors has been amended.

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

The list of all parts of the IEC 60747 series, under the general title *Semiconductor devices – Discrete devices*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment 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.

SEMICONDUCTOR DEVICES – DISCRETE DEVICES –

Part 4: Microwave diodes and transistors

1 Scope

This part of IEC 60747 gives requirements for the following categories of discrete devices:

- variable capacitance diodes and snap-off diodes (for tuning, up-converter or harmonic multiplication, switching, limiting, phased shift, parametric amplification);
- mixer diodes and detector diodes;
- avalanche diodes (for direct harmonic generation, amplification);
- gunn diodes (for direct harmonic generation);
- bipolar transistors (for amplification, oscillation);
- field-effect transistors (for amplification, oscillation).

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 referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-702, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 702: Oscillations, signals and related devices* (available at: <<http://www.electropedia.org>>)

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

IEC 60747-7:2000, *Semiconductor devices – Part 7: Bipolar transistors*

IEC 60747-8:2000, *Semiconductor devices – Part 8: Field-effect transistors*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	142
1 Domaine d'application	144
2 Références normatives	144
3 Diodes à capacité variable, diodes à retour rapide et diodes schottky de commutation rapide	144
3.1 Diodes à capacité variable	144
3.1.1 Généralités	144
3.1.2 Terminologie et symboles littéraux	145
3.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	145
3.1.4 Méthodes de mesure	148
3.2 Diodes à retour rapide, diodes Schottky	176
3.2.1 Généralités	176
3.2.2 Terminologie et symboles littéraux	176
3.2.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	176
3.2.4 Méthodes de mesure	178
4 Diodes mélangeuses et diodes détectrices	185
4.1 Diodes mélangeuses utilisées dans les applications radar	185
4.1.1 Généralités	185
4.1.2 Terminologie et symboles littéraux	185
4.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	185
4.1.4 Méthodes de mesure	187
4.2 Diodes mélangeuses utilisées en transmission	206
4.2.1 Généralités	206
4.2.2 Terminologie et symboles littéraux	206
4.2.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	206
4.2.4 Méthodes de mesure	208
4.3 Diodes détectrices	208
5 Diodes Impatt	208
5.1 Diodes Impatt pour applications en amplificateur	208
5.1.1 Généralités	208
5.1.2 Termes et définitions	208
5.1.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	211
5.2 Diodes Impatt pour applications en oscillateur	214
6 Diodes Gunn	214
6.1 Généralités	214
6.2 Termes et définitions	215
6.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	215
6.4 Méthodes de mesure	215
6.4.1 Tension de claquage d'impulsion $V_{(BR)}$	215
6.4.2 Tension de seuil	216
6.4.3 Résistance	217
7 Transistors bipolaires	218
7.1 Généralités	218
7.2 Termes et définitions	218
7.3 Valeurs limites et caractéristiques essentielles	221
7.3.1 Généralités	221

7.3.2	Valeurs limites (système de valeurs limites maximales absolues)	221
7.4	Méthodes de mesure	224
7.4.1	Généralités	224
7.4.2	Caractéristiques en continu	226
7.4.3	Caractéristiques RF	226
7.5	Méthodes de vérification	240
7.5.1	Tolérance de charge non adaptée (Ψ_L)	240
7.5.2	Tolérance de source non adaptée (Ψ_S)	243
7.5.3	Robustesse de charge non adaptée (Ψ_R)	246
8	Transistors à effet de champ	247
8.1	Généralités	247
8.2	Termes et définitions	247
8.3	Valeurs limites et caractéristiques essentielles	250
8.3.1	Généralités	250
8.3.2	Valeurs limites (système de valeurs limites maximales absolues)	250
8.4	Méthodes de mesure	252
8.4.1	Généralités	252
8.4.2	Caractéristiques en continu	253
8.4.3	Caractéristiques RF	260
8.5	Méthodes de vérification	271
8.5.1	Tolérance de charge non adaptée (Ψ_L)	271
8.5.2	Tolérance de source non adaptée (Ψ_S)	271
8.5.3	Robustesse de charge non adaptée (Ψ_R)	271
9	Réception et fiabilité – Exigences spécifiques	271
9.1	Conditions pour les essais électriques	271
9.2	Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de réception	271
9.3	Critères de défaillance et caractéristiques définissant la défaillance pour les essais de fiabilité	271
9.4	Procédure à suivre dans le cas d'une erreur d'essai	271
Figure 1 – Circuit équivalent		148
Figure 2 – Circuit pour la mesure du courant inverse I_R		149
Figure 3 – Circuit pour la mesure de la tension directe V_F		150
Figure 4 – Circuit pour la mesure de la capacité totale C_{tot}		151
Figure 5 – Circuit de base pour la mesure du facteur de qualité effectif		152
Figure 6 – Circuit de base pour la mesure de l'inductance série		153
Figure 7 – Circuit pour la mesure de la résistance thermique R_{th}		155
Figure 8 – Circuit pour la mesure de l'impédance thermique transitoire Z_{th}		156
Figure 9 – Montage en guide d'ondes		158
Figure 10 – Circuit équivalent de la diode dans sa monture		158
Figure 11 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure des pertes de transmission		159
Figure 12 – Courbe indiquant la puissance transmise en fonction de la fréquence		161
Figure 13 – Exemple de cavité		163
Figure 14 – Schéma synoptique		165
Figure 15 – Schéma fonctionnel du circuit de mesure par transformation de la représentation d'impédance		172

Figure 16 – Exemple de diagramme de l'impédance de la diode en fonction de la polarisation.....	173
Figure 17 – Diagramme de Smith modifié, indiquant les cercles de Q constant et de R constante.....	175
Figure 18 – Temps de transition t_t	176
Figure 19 – Circuit pour la mesure du temps de transition (t_t)	178
Figure 20 – L'intervalle de temps (t_{t1})	180
Figure 21 – Circuit pour la mesure du temps de recouvrement inverse.....	180
Figure 22 – Le temps de recouvrement inverse t_{rr}	181
Figure 23 –Principe de mesure de durée de vie des porteurs en excès	182
Figure 24 – Circuit pour la mesure de la durée de vie effective des porteurs en excès.....	183
Figure 25 – le rapport i_{pr} sur i_{pf}	184
Figure 26 – Circuit pour la mesure du courant direct (I_F).....	187
Figure 27 – Circuit pour la mesure du courant redressé (I_0)	188
Figure 28 – Circuit pour la mesure de l'impédance à la fréquence intermédiaire (Z_{if}) dans la méthode 1	189
Figure 29 – Circuit pour la mesure de l'impédance à la fréquence intermédiaire (Z_{if}) dans la méthode 2	190
Figure 30 – Circuit pour la mesure du rapport d'ondes stationnaires	192
Figure 31 – Circuit pour la mesure du facteur de bruit total	194
Figure 32 – Circuit pour la mesure du rapport de température de bruit en sortie	198
Figure 33 – Circuit pour la mesure de la perte de conversion par la méthode d'accroissement continu	200
Figure 34 – Circuit pour la mesure de la perte de conversion par la méthode de modulation d'amplitude	201
Figure 35 – Schéma du circuit de mesure de l'énergie de destruction	202
Figure 36 – Circuit pour la mesure de la tension de claquage d'impulsion.....	215
Figure 37 – Circuit pour la mesure de la tension de seuil	216
Figure 38 – Circuit pour la mesure de la résistance par la méthode voltmètre – ampèremètre	217
Figure 39 – Circuit pour la mesure de la résistance par la méthode de substitution.....	218
Figure 40 – Schéma du circuit de mesure des paramètres de diffusion	228
Figure 41 – Ondes incidentes et réfléchies dans un réseau à deux ports	229
Figure 42 – Circuit de base pour la mesure de la distorsion d'intermodulation à deux fréquences porteuses	235
Figure 43 – Exemple de produit d'intermodulation du troisième ordre par l'analyseur de spectre.....	237
Figure 44 – Caractéristique typique de la de puissance de sortie des produits d'intermodulation	239
Figure 45 – Circuit de base pour les mesures de la tolérance de charge non adaptée dans la méthode de vérification 1	240
Figure 46 – Circuit de base pour les mesures de la tolérance de charge non adaptée dans la méthode de vérification 2	242
Figure 47 – Circuit pour les mesures de la tolérance de source non adaptée dans la méthode de vérification 1	243
Figure 48 – Circuit pour les mesures de la tolérance de source non adaptée dans la méthode de vérification 2.....	245

Figure 49 – Circuit de base pour les mesures de la robustesse de charge non adaptée	246
Figure 50 – Circuit de base pour la mesure de la tension de claquage grille-source $V_{(BR)GSO}$	254
Figure 51 – Circuit de base pour la mesure de la tension de claquage grille-source, $V_{(BR)GDO}$	255
Figure 52 – Circuit pour la mesure de la résistance thermique canal-boîtier	256
Figure 53 – Ordre d'application des impulsions de courant continu du dispositif à mesurer	258
Figure 54 – Courbe d'étalonnage $V_{GSF} = f(T_{ch})$ pour une valeur spécifiée de $I_{G(ref)}$, évaluation du coefficient α	259
Figure 55 – V_{GSF2} en fonction du temps de retard τ_4	260
Figure 56 – Circuit de mesure de la puissance de sortie pour une puissance d'entrée spécifiée	261
Figure 57 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit	266
Tableau 1 – Valeurs limites électriques	221
Tableau 2 – Caractéristiques en continu	222
Tableau 3 – Caractéristiques RF	223
Tableau 4 – Règle de remplacement des termes	224
Tableau 5 – Règle de remplacement des symboles dans le cas du courant de base constant	225
Tableau 6 – Règle de remplacement des symboles dans le cas de la tension de base constante	225
Tableau 7 – Valeurs limites électriques	251
Tableau 8 – Caractéristiques en continu	251
Tableau 9 – Caractéristiques RF	252
Tableau 10 – Règles de remplacement des termes	253
Tableau 11 – Règles de remplacement des symboles	253
Tableau 12 – Modes opératoires et circuits de test	272
Tableau 13 – Critères de défaillance et conditions de mesure	274

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS DISCRETS –****Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60747-4 édition 2.1 contient la deuxième édition (2007-08) [documents 47E/330/FDIS et 47E/339/RVD] et son amendement 1 (2017-01) [documents 47E/499/CDV et 47E/517/RVC].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60747-4 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semiconducteurs, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette deuxième édition elle constitue une révision technique.

Les changements techniques majeurs par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- a) l'article concernant les transistors bipolaires a été ajouté ;
- b) l'article concernant les transistors à effet de champ a été modifié.

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

La liste de toutes les parties de la série IEC 60747, présentées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS DISCRETS –

Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60747 donne les exigences pour les catégories suivantes de dispositifs discrets:

- diodes à capacité variable et diodes à retour rapide (pour accord, transposition ou multiplication de fréquence, commutation, limitation, déphasage, amplification paramétrique);
- diodes mélangeuses et diodes détectrices;
- diodes à avalanche (pour génération directe d'harmoniques, amplification);
- diodes à effet Gunn (pour génération directe d'harmoniques);
- transistors bipolaires (pour amplification, oscillation);
- transistors à effet de champ (pour amplification, oscillation).

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 du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-702, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 702 : Oscillations, signaux et dispositifs associés* (disponible à l'adresse <<http://www.electropedia.org>>)

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

IEC 60747-7:2000, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 7: Transistors bipolaires*

IEC 60747-8:2000, *Dispositifs à semiconducteurs – Partie 8: Transistors à effet de champ*