

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Semiconductor devices – Discrete devices –
Part 7: Bipolar transistors**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets –
Partie 7: Transistors bipolaires**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.30

ISBN 978-2-8322-7430-9

**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 7: Bipolar transistors**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets –
Partie 7: Transistors bipolaires**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
3.1 Specific functional regions.....	8
3.2 Resistor biased transistor.....	9
3.3 Terms related to ratings and characteristics	10
4 Letter symbols.....	13
4.1 General.....	13
4.2 Additional subscripts	13
4.3 List of letter symbols	13
4.3.1 General	13
4.3.2 Voltages	14
4.3.3 Currents	15
4.3.4 Powers	15
4.3.5 Electrical parameters.....	15
4.3.6 Frequency parameters.....	19
4.3.7 Switching parameters	20
4.3.8 Energies.....	21
4.3.9 Sundry quantities.....	21
4.3.10 Matched-pair bipolar transistors.....	22
4.3.11 Resistor biased transistor.....	22
5 Essential ratings and characteristics.....	22
5.1 General.....	22
5.2 Small signal transistors	22
5.2.1 Ratings (limiting values)	22
5.2.2 Characteristics	23
5.3 Linear power transistors	24
5.3.1 Ratings (limiting values)	24
5.3.2 Characteristics	25
5.4 High-frequency power transistors for amplifier and oscillator applications.....	26
5.4.1 Ratings (limiting values)	26
5.4.2 Characteristics	27
5.5 Switching transistors	29
5.5.1 Ratings (limiting values)	29
5.5.2 Characteristics	31
5.6 Resistor biased transistors	33
5.6.1 Ratings.....	33
5.6.2 Characteristics	34
6 Measuring methods	34
6.1 General.....	34
6.2 Verification of ratings (limiting values)	35
6.2.1 Acceptance criteria.....	35
6.2.2 Collector current.....	35
6.2.3 Peak collector current.....	36
6.2.4 Base current.....	36

6.2.5	Peak base current	37
6.2.6	Collector-base voltage	38
6.2.7	Collector-emitter voltage, output voltage.....	39
6.2.8	Emitter-base voltage, Input voltage	39
6.2.9	Safe operating area (SOA)	40
6.2.10	Output current (I_O).....	44
6.2.11	Collector-emitter sustaining voltage	44
6.3	Methods of measurement	46
6.3.1	Turn-on time intervals and turn-on energy with inductive road	46
6.3.2	Turn-off time intervals and turn-off energy with inductive road	48
6.3.3	Collector-emitter cut-off currents (d.c. method).....	49
6.3.4	Collector-base cut-off current (d.c. method).....	50
6.3.5	Emitter-base cut-off current (d.c. method).....	50
6.3.6	Collector-emitter saturation voltage	50
6.3.7	Base-emitter saturation voltage	52
6.3.8	Base-emitter voltage (d.c. method)	54
6.3.9	Capacitances.....	54
6.3.10	Hybrid parameters (small-signal and large-signal)	57
6.3.11	Thermal resistance	64
6.3.12	Switching times with resistive road	69
6.3.13	High-frequency parameters (f_T , y_{re} , s_{11})	71
6.3.14	Noise (F)	81
6.3.15	Measuring methods for matched-pair bipolar transistors	87
6.3.16	Measuring Methods for resistor biased transistors	90
7	Acceptance and reliability.....	94
7.1	General requirements.....	94
7.2	Specific requirements.....	94
7.2.1	List of endurance tests	94
7.2.2	Conditions for endurance tests	94
7.2.3	Acceptance-defining characteristics and acceptance criteria for reliability tests	94
7.3	Endurance and reliability test methods	95
7.3.1	High temperature blocking (HTRB)	95
7.3.2	Intermittent operating life.....	96
7.4	Type tests and routine tests	97
7.4.1	Type tests	97
7.4.2	Routine tests	97
Annex A (informative)	Determination of the SOA.....	99
Figure 1	– Resistor biased transistor graphical symbol	9
Figure 2	– Modified hybrid π equivalent circuit	19
Figure 3	– Test circuit for collector current.....	35
Figure 4	– Test circuit for peak collector current	36
Figure 5	– Test circuit for base current	37
Figure 6	– Test circuit for peak base current.....	37
Figure 7	– Circuit for testing the collector-base voltage V_{CBO} , V_{CBS} , V_{CBR} , V_{CBX}	38
Figure 8	– Circuit for testing the collector-emitter voltage V_{CEO} , V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX} , V_O	39
Figure 9	– Circuit for testing the emitter-base voltages V_{EBO} and input voltage V_I	40

Figure 10 – Test circuit of reverse bias safe operating area (RBSOA).....	41
Figure 11 – Waveforms and curves for RBSOA.....	42
Figure 12 – Circuit for testing safe operating pulse duration at load short circuit (SCSOA).....	43
Figure 13 – Waveforms of base current I_B , collector current I_C and voltage V_{CE} during load short circuit condition SCSOA	43
Figure 14 – Circuit diagram for verifying the output current I_O	44
Figure 15 – Basic circuit for the measurement of the collector-emitter sustaining voltage.....	45
Figure 16 – I_C versus V_{CE} characteristic.....	46
Figure 17 – Circuit diagram and waveforms	47
Figure 18 – Waveforms during turn-off intervals	48
Figure 19 – Basic circuit for the measurement of collector-emitter cut-off currents	49
Figure 20 – Basic circuit for the measurement of the collector-emitter saturation voltage (d.c. method)	50
Figure 21 – Basic circuit for the measurement of the collector-emitter saturation voltage (pulse method)	51
Figure 22 – Basic circuit for the measurement of the base-emitter saturation voltage (d.c. method)	52
Figure 23 – Basic circuit for the measurement of the base-emitter saturation voltage (pulse methods)	53
Figure 24 – Base circuit for the measurement of base-emitter voltage (d.c. method).....	54
Figure 25 – Basic circuit for the measurement of the common-base output capacitance using a two-terminal bridge.....	55
Figure 26 – Basic circuit for the measurement of C_{CB} using a three-terminal bridge.....	56
Figure 27 – Basic circuit for the measurement of C_{cb} using a three-terminal bridge	57
Figure 28 – Basic circuit for the measurement of h_{11e} and h_{21e}	58
Figure 29 – Basic circuit for the measurement of h_{12e}	59
Figure 30 – Basic circuit for the measurement of h_{22e}	61
Figure 31 – Basic circuit for the measurement of h_{22b}	62
Figure 32 – Basic circuit for the measurement of h_{21E}	63
Figure 33 – Basic test circuit for measuring the thermal resistance of NPN transistors.....	66
Figure 34 – Emitter current (I_E) versus emitter-base voltage (V_{EB}) for the junction temperatures $T_j^{(1)}$ and $T_j^{(2)}$	66
Figure 35 – I_E and V_{EB} change with time	67
Figure 36 – Circuit diagram.....	69
Figure 37 – Switching times	70
Figure 38 – Circuit for the measurement of the transition frequency.....	71
Figure 39 – Circuit for the measurement of complex common-emitter y parameters	73
Figure 40 – Three-pole circuit for the measurement of y_{11e}	74
Figure 41 – Three-pole circuit for the measurement of y_{22e}	74
Figure 42 – Three-pole circuit for the measurement of y_{21e}	75
Figure 43 – Three-pole circuit for the measurement of y_{12e}	76
Figure 44 – Block diagram of the circuit for the measurement of s_{11} and s_{22} parameters	77

Figure 45 – Block diagram of the circuit for the measurement of s_{12} and s_{21} parameters	79
Figure 46 – Basic block diagram for the measurement of the noise figure	81
Figure 47 – Basic circuit for the measurement of the noise figure up to 3 MHz.....	83
Figure 48 – Basic circuit for the measurement of the noise figure from 3 MHz to 300 MHz	84
Figure 49 – Basic circuit for the measurement of the noise figure below 1 kHz (signal generator method)	86
Figure 50 – Basic circuit for the measurement of h_{21E1}/h_{21E2}	88
Figure 51 – Matching of the collector current	90
Figure 52 – Circuit diagram for measuring the on-state input voltage $V_{I(on)}$, and off-state input voltage $V_{I(off)}$	90
Figure 53 – Circuit diagram for measuring the bias resistor r_1	91
Figure 54 – Circuit diagram and measuring the bias resistor r_2	92
Figure 55 – Circuit diagram for measuring the on-state output voltage $V_{O(on)}$	93
Figure 56 – Circuit diagram for measuring the off-state output current $I_{O(off)}$	94
Figure 57 – Test circuit for high temperature blocking	96
Figure 58 – Circuit for Intermittent operating life	97
Figure 59 – Expected number of cycles versus temperature rise ΔT_{vj}	97
Figure A.1 – Typical ΔV_{EB} versus collector-base (V_{CB}) characteristics.....	99
Figure A.2 – Typical safe operating area.....	100
Table 1 – Acceptance defining characteristics and acceptance criteria	35
Table 2 – Acceptance defining characteristics suitable for resistor biased transistor	35
Table 3 – Acceptance defining characteristics after endurance tests for bipolar transistors.....	95
Table 4 – Minimum items of type and routine tests for transistors when applicable	98

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
DISCRETE DEVICES –****Part 7: Bipolar 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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60747-7 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2010-12) [documents 47E/404/FDIS and 47E/408/RVD] and its amendment 1 (2019-09) [documents 47E/635/CDV and 47E/672/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

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 60747-7 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

The main changes with respect to previous edition are listed below.

- a) Clause 1 was amended by adding an item that should be included.
- b) Clauses 3, 4, 5, 6 and 7 were amended by adding terms, definitions, suitable additions and deletions those should be included.
- c) The text of the second edition was combined with that of IEC 60747-7-5.

This standard is to be read in conjunction with IEC 60747-1:2006.

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

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

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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 7: Bipolar transistors

1 Scope

This part of IEC 60747-7 gives the requirements applicable to the following sub-categories of bipolar transistors excluding microwave transistors.

- Small signal transistors (excluding switching and microwave applications);
- Linear power transistors (excluding switching, high-frequency, and microwave applications);
- High-frequency power transistors for amplifier and oscillator applications;
- Switching transistors for high speed switching and power switching applications;
- Resistor biased transistors.

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 60050-521:2002, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 521: Semiconductor devices and integrated circuits*

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

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

SOMMAIRE

SOMMAIRE	102
AVANT-PROPOS	106
1 Domaine d'application	108
2 Références normatives	108
3 Termes et définitions	108
3.1 Régions fonctionnelles spécifiques	108
3.2 Transistor à résistances de polarisation	109
3.3 Termes relatifs aux valeurs assignées et aux caractéristiques	110
4 Symboles littéraux	113
4.1 Généralités	113
4.2 Indices supplémentaires	113
4.3 Listes des symboles littéraux	114
4.3.1 Généralités	114
4.3.2 Tensions	114
4.3.3 Courants	115
4.3.4 Puissances	115
4.3.5 Paramètres électriques	115
4.3.6 Paramètres de fréquence	119
4.3.7 Paramètres de commutation	120
4.3.8 Énergies	121
4.3.9 Grandeurs diverses	122
4.3.10 Transistors bipolaires appariés	122
4.3.11 Transistor à résistances de polarisation	122
5 Valeurs assignées et caractéristiques essentielles	123
5.1 Généralités	123
5.2 Transistors en petits signaux	123
5.2.1 Valeurs assignées (valeurs limites)	123
5.2.2 Caractéristiques	123
5.3 Transistors de puissance linéaire	125
5.3.1 Valeurs assignées (valeurs limites)	125
5.3.2 Caractéristiques	126
5.4 Transistors de puissance haute fréquence pour applications en amplificateurs et en oscillateurs	127
5.4.1 Valeurs assignées (valeurs limites)	127
5.4.2 Caractéristiques	128
5.5 Transistors de commutation	131
5.5.1 Valeurs assignées (valeurs limites)	131
5.5.2 Caractéristiques	132
5.6 Transistors à résistances de polarisation	134
5.6.1 Valeurs assignées	134
5.6.2 Caractéristiques	135
6 Méthodes de mesure	136
6.1 Généralités	136
6.2 Vérification des valeurs assignées (valeurs limites)	136
6.2.1 Critères de réception	136
6.2.2 Courant collecteur	137

6.2.3	Courant collecteur de crête.....	137
6.2.4	Courant de base.....	138
6.2.5	Courant de crête de la base.....	139
6.2.6	Tension collecteur-base.....	140
6.2.7	Tension collecteur-émetteur, tension de sortie.....	141
6.2.8	Tension émetteur-base, tension d'entrée.....	142
6.2.9	Aire de sécurité de fonctionnement (SOA).....	143
6.2.10	Courant de sortie (I_O).....	147
6.2.11	Tension de maintien collecteur-émetteur.....	148
6.3	Méthodes de mesure.....	150
6.3.1	Intervalles de temps total d'établissement et énergie d'établissement avec charge inductive.....	150
6.3.2	Intervalles de temps total de coupure et énergie de coupure avec charge inductive.....	151
6.3.3	Courants résiduels collecteur-émetteur (méthode en courant continu).....	153
6.3.4	Courant résiduel collecteur-base (méthode en courant continu).....	153
6.3.5	Courant résiduel émetteur-base (méthode en courant continu).....	154
6.3.6	Tension de saturation collecteur-émetteur.....	154
6.3.7	Tension de saturation base-émetteur.....	156
6.3.8	Tension base-émetteur (méthode en courant continu).....	158
6.3.9	Capacités.....	159
6.3.10	Paramètres hybrides (petits et forts signaux).....	162
6.3.11	Résistance thermique.....	169
6.3.12	Temps de commutation avec charge résistive.....	174
6.3.13	Paramètres haute fréquence (f_T , y_{fe} , s_{11}).....	176
6.3.14	Bruit (F).....	187
6.3.15	Méthodes de mesure pour les transistors bipolaires appariés.....	194
6.3.16	Méthode de mesure pour transistors à résistances de polarisation.....	197
7	Réception et fiabilité.....	202
7.1	Exigences générales.....	202
7.2	Exigences spécifiques.....	202
7.2.1	Liste d'essais d'endurance.....	202
7.2.2	Conditions pour les essais d'endurance.....	202
7.2.3	Caractéristiques définissant la réception et critères de réception pour les essais de fiabilité.....	202
7.3	Méthodes d'essais d'endurance et de fiabilité.....	203
7.3.1	Blocage haute température (HTRB).....	203
7.3.2	Durée intermittente en fonctionnement.....	204
7.4	Essais de type et essais individuels de série.....	205
7.4.1	Essais de type.....	205
7.4.2	Essais individuels de série.....	206
Annexe A (informative)	Détermination de l'aire SOA.....	208
Figure 1	– Symbole graphique du transistor à résistance de polarisation.....	109
Figure 2	– Circuit hybride équivalent en π modifié.....	119
Figure 3	– Circuit d'essai pour courant collecteur.....	137
Figure 4	– Circuit d'essai pour courant collecteur de crête.....	138
Figure 5	– Circuit d'essai pour courant de base.....	139

Figure 6 – Circuit d'essai pour courant de crête de la base	140
Figure 7 – Circuit pour essais de tension collecteur-base V_{CBO} , V_{CBS} , V_{CBR} , V_{CBX}	141
Figure 8 – Circuit pour essais de tension collecteur-émetteur V_{CEO} , V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX} , V_O	142
Figure 9 – Circuit pour essais de tensions émetteur-base V_{EBO} et tension d'entrée V_I	143
Figure 10 – Circuit d'essai d'aire de sécurité de fonctionnement en polarisation inverse (RBSOA).....	144
Figure 11 – Formes d'onde et courbes pour la RBSOA	145
Figure 12 – Circuit pour essais de durée d'impulsion de sécurité de fonctionnement en court-circuit de charge (SCSOA).....	146
Figure 13 – Formes d'onde du courant de base I_B , du courant collecteur I_C et de la tension V_{CE} pendant un état de court-circuit de charge SCSOA.....	146
Figure 14 – Schéma de circuit pour vérifier le courant de sortie I_O	147
Figure 15 – Circuit de base pour la mesure de la tension de maintien collecteur- émetteur	148
Figure 16 – Caractéristique I_C en fonction de V_{CE}	149
Figure 17 – Schéma de circuit et formes d'onde.....	150
Figure 18 – Formes d'onde durant les intervalles de coupure.....	152
Figure 19 – Circuit de base pour la mesure des courants résiduels collecteur-émetteur	153
Figure 20 – Circuit de base pour la mesure de la tension de saturation collecteur- émetteur (méthode en courant continu).....	154
Figure 21 – Circuit de base pour la mesure de la tension de saturation collecteur- émetteur (méthode par impulsion).....	155
Figure 22 – Circuit de base pour la mesure de la tension de saturation base-émetteur (méthode en courant continu)	156
Figure 23 – Circuit de base pour la mesure de la tension de saturation base-émetteur (méthodes par impulsion).....	157
Figure 24 – Circuit de base pour la mesure de la tension base-émetteur (méthode en courant continu).....	158
Figure 25 – Circuit de base pour la mesure de la capacité de sortie en montage base commune utilisant un pont dipôle	159
Figure 26 – Circuit de base pour la mesure de C_{CB} utilisant un pont tripôle	160
Figure 27 – Circuit de base pour la mesure de C_{cb} utilisant un pont tripôle	161
Figure 28 – Circuit de base pour la mesure de h_{11e} et h_{21e}	162
Figure 29 – Circuit de base pour la mesure de h_{12e}	164
Figure 30 – Circuit de base pour la mesure de h_{22e}	165
Figure 31 – Circuit de base pour la mesure de h_{22b}	166
Figure 32 – Circuit de base pour la mesure de h_{21E}	168
Figure 33 – Circuit de base pour mesurer la résistance thermique des transistors NPN	171
Figure 34 – Courant émetteur (I_E) en fonction de la tension directe émetteur-base (V_{EB}) pour les températures de jonction $T_j^{(1)}$ et $T_j^{(2)}$	171
Figure 35 – Variations de I_E et de V_{EB} en fonction du temps	172
Figure 36 – Schéma de circuit	174
Figure 37 – Temps de commutation	175
Figure 38 – Circuit pour la mesure de la fréquence de transition	176
Figure 39 – Circuit pour la mesure des paramètres complexes y en émetteur commun	178
Figure 40 – Circuit tripôle pour la mesure de y_{11e}	179

Figure 41 – Circuit tripôle pour la mesure de y_{22e}	180
Figure 42 – Circuit tripôle pour la mesure de y_{21e}	181
Figure 43 – Circuit tripôle pour la mesure de y_{12e}	182
Figure 44 – Schéma synoptique du circuit pour la mesure des paramètres s_{11} et s_{22}	183
Figure 45 – Schéma synoptique du circuit pour la mesure des paramètres s_{12} et s_{21}	185
Figure 46 – Schéma synoptique de base pour la mesure du facteur de bruit	188
Figure 47 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit jusqu'à 3 MHz	190
Figure 48 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit de 3 MHz à 300 MHz	191
Figure 49 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit en dessous de 1 kHz (méthode du générateur de signal)	193
Figure 50 – Circuit de base pour la mesure de h_{21E1}/h_{21E2}	195
Figure 51 – Adaptation du courant collecteur	197
Figure 52 – Schéma de circuit pour mesurer la tension d'entrée à l'état passant $V_{I(on)}$, et la tension d'entrée à l'état bloqué $V_{I(off)}$	198
Figure 53 – Schéma de circuit pour mesurer la résistance de polarisation r_1	199
Figure 54 – Schéma de circuit et mesure de la résistance de polarisation r_2	200
Figure 55 – Schéma de circuit pour mesurer la tension de sortie à l'état passant $V_{O(on)}$	201
Figure 56 – Schéma de circuit pour mesurer le courant de sortie à l'état bloqué $I_{O(off)}$	202
Figure 57 – Circuit d'essai pour le blocage haute température	204
Figure 58 – Circuit pour la durée intermittente de fonctionnement	205
Figure 59 – Nombre prévu de cycles en fonction de l'échauffement ΔT_{vj}	205
Figure A.1 – Caractéristique type de ΔV_{EB} en fonction de la tension collecteur-base (V_{CB})	208
Figure A.2 – Aire de sécurité de fonctionnement type	209
Tableau 1 – Caractéristiques définissant la réception et critères de réception	136
Tableau 2 – Caractéristiques définissant la réception adaptées au transistor à résistances de polarisation	136
Tableau 3 – Caractéristiques définissant la réception après des essais d'endurance pour transistors bipolaires	203
Tableau 4 – Éléments minimaux des essais de type et des essais individuels de série pour les transistors, le cas échéant	206

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS DISCRETS –****Partie 7: Transistors bipolaires**

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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(ses) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60747-7 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2010-12) [documents 47E/404/FDIS et 47E/408/RVD] et son amendement 1 (2019-09) [documents 47E/635/CDV et 47E/672/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

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 60747-7 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semi-conducteurs, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semi-conducteurs.

Les principaux changements par rapport à l'édition précédente sont énumérés ci-dessous.

- a) L'Article 1 a été amendé par l'ajout d'un élément qu'il convient d'inclure.
- b) Les Articles 3, 4, 5, 6 et 7 ont été amendés en ajoutant des termes et des définitions, ainsi que des ajouts et suppressions adaptés qu'il convient d'inclure.
- c) Le texte de la deuxième édition a été combiné à l'IEC 60747-7-5.

Cette norme doit être lue conjointement avec l'IEC 60747-1:2006.

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

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

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

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 7: Transistors bipolaires

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60747 donne les exigences applicables aux sous-catégories suivantes de transistors bipolaires, à l'exclusion des transistors micro-ondes.

- Transistors petits signaux (à l'exclusion des applications en commutation et en micro-ondes);
- Transistors de puissance linéaire (à l'exclusion des applications en commutation, à haute fréquence et en micro-ondes);
- Transistors de puissance haute fréquence pour applications en amplificateurs et en oscillateurs;
- Transistors de commutation pour applications en commutation à grande vitesse et en commutation de puissance;
- Transistors à résistances de polarisation.

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 60050-521:2002, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 521: Dispositifs à semi-conducteurs et circuits intégrés*

IEC 60747-1:2006, *Dispositifs à semi-conducteurs – Partie 1: Généralités*

IEC 60747-4:2007, *Dispositifs à semi-conducteurs – Dispositifs discrets – Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences*

FINAL VERSION

VERSION FINALE

**Semiconductor devices – Discrete devices –
Part 7: Bipolar transistors**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets –
Partie 7: Transistors bipolaires**



CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
3.1 Specific functional regions.....	8
3.2 Resistor biased transistor.....	9
3.3 Terms related to ratings and characteristics	10
4 Letter symbols.....	13
4.1 General.....	13
4.2 Additional subscripts	13
4.3 List of letter symbols	13
4.3.1 General	13
4.3.2 Voltages	14
4.3.3 Currents	15
4.3.4 Powers	15
4.3.5 Electrical parameters.....	15
4.3.6 Frequency parameters.....	19
4.3.7 Switching parameters	20
4.3.8 Energies.....	21
4.3.9 Sundry quantities.....	21
4.3.10 Matched-pair bipolar transistors.....	22
4.3.11 Resistor biased transistor.....	22
5 Essential ratings and characteristics.....	22
5.1 General.....	22
5.2 Small signal transistors	22
5.2.1 Ratings (limiting values)	22
5.2.2 Characteristics	23
5.3 Linear power transistors	24
5.3.1 Ratings (limiting values)	24
5.3.2 Characteristics	25
5.4 High-frequency power transistors for amplifier and oscillator applications.....	26
5.4.1 Ratings (limiting values)	26
5.4.2 Characteristics	27
5.5 Switching transistors	29
5.5.1 Ratings (limiting values)	29
5.5.2 Characteristics	31
5.6 Resistor biased transistors	33
5.6.1 Ratings.....	33
5.6.2 Characteristics	34
6 Measuring methods	34
6.1 General.....	34
6.2 Verification of ratings (limiting values)	35
6.2.1 Acceptance criteria.....	35
6.2.2 Collector current.....	35
6.2.3 Peak collector current.....	36
6.2.4 Base current.....	36

6.2.5	Peak base current	37
6.2.6	Collector-base voltage	38
6.2.7	Collector-emitter voltage, output voltage.....	39
6.2.8	Emitter-base voltage, Input voltage	39
6.2.9	Safe operating area (SOA)	40
6.2.10	Output current (I_O).....	44
6.2.11	Collector-emitter sustaining voltage	44
6.3	Methods of measurement	46
6.3.1	Turn-on time intervals and turn-on energy with inductive road	46
6.3.2	Turn-off time intervals and turn-off energy with inductive road	48
6.3.3	Collector-emitter cut-off currents (d.c. method).....	49
6.3.4	Collector-base cut-off current (d.c. method).....	50
6.3.5	Emitter-base cut-off current (d.c. method).....	50
6.3.6	Collector-emitter saturation voltage	50
6.3.7	Base-emitter saturation voltage	52
6.3.8	Base-emitter voltage (d.c. method)	54
6.3.9	Capacitances.....	54
6.3.10	Hybrid parameters (small-signal and large-signal)	57
6.3.11	Thermal resistance	64
6.3.12	Switching times with resistive road	69
6.3.13	High-frequency parameters (f_T , y_{re} , s_{11})	71
6.3.14	Noise (F)	81
6.3.15	Measuring methods for matched-pair bipolar transistors	87
6.3.16	Measuring Methods for resistor biased transistors	90
7	Acceptance and reliability.....	94
7.1	General requirements.....	94
7.2	Specific requirements.....	94
7.2.1	List of endurance tests	94
7.2.2	Conditions for endurance tests	94
7.2.3	Acceptance-defining characteristics and acceptance criteria for reliability tests	94
7.3	Endurance and reliability test methods	95
7.3.1	High temperature blocking (HTRB)	95
7.3.2	Intermittent operating life.....	96
7.4	Type tests and routine tests	97
7.4.1	Type tests	97
7.4.2	Routine tests	97
Annex A (informative)	Determination of the SOA.....	99
Figure 1	– Resistor biased transistor graphical symbol	9
Figure 2	– Modified hybrid π equivalent circuit	19
Figure 3	– Test circuit for collector current.....	35
Figure 4	– Test circuit for peak collector current	36
Figure 5	– Test circuit for base current	37
Figure 6	– Test circuit for peak base current.....	37
Figure 7	– Circuit for testing the collector-base voltage V_{CBO} , V_{CBS} , V_{CBR} , V_{CBX}	38
Figure 8	– Circuit for testing the collector-emitter voltage V_{CEO} , V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX} , V_O	39
Figure 9	– Circuit for testing the emitter-base voltages V_{EBO} and input voltage V_I	40

Figure 10 – Test circuit of reverse bias safe operating area (RBSOA).....	41
Figure 11 – Waveforms and curves for RBSOA.....	42
Figure 12 – Circuit for testing safe operating pulse duration at load short circuit (SCSOA).....	43
Figure 13 – Waveforms of base current I_B , collector current I_C and voltage V_{CE} during load short circuit condition SCSOA	43
Figure 14 – Circuit diagram for verifying the output current I_O	44
Figure 15 – Basic circuit for the measurement of the collector-emitter sustaining voltage.....	45
Figure 16 – I_C versus V_{CE} characteristic.....	46
Figure 17 – Circuit diagram and waveforms	47
Figure 18 – Waveforms during turn-off intervals	48
Figure 19 – Basic circuit for the measurement of collector-emitter cut-off currents	49
Figure 20 – Basic circuit for the measurement of the collector-emitter saturation voltage (d.c. method)	50
Figure 21 – Basic circuit for the measurement of the collector-emitter saturation voltage (pulse method)	51
Figure 22 – Basic circuit for the measurement of the base-emitter saturation voltage (d.c. method)	52
Figure 23 – Basic circuit for the measurement of the base-emitter saturation voltage (pulse methods).....	53
Figure 24 – Base circuit for the measurement of base-emitter voltage (d.c. method).....	54
Figure 25 – Basic circuit for the measurement of the common-base output capacitance using a two-terminal bridge.....	55
Figure 26 – Basic circuit for the measurement of C_{CB} using a three-terminal bridge.....	56
Figure 27 – Basic circuit for the measurement of C_{cb} using a three-terminal bridge	57
Figure 28 – Basic circuit for the measurement of h_{11e} and h_{21e}	58
Figure 29 – Basic circuit for the measurement of h_{12e}	59
Figure 30 – Basic circuit for the measurement of h_{22e}	61
Figure 31 – Basic circuit for the measurement of h_{22b}	62
Figure 32 – Basic circuit for the measurement of h_{21E}	63
Figure 33 – Basic test circuit for measuring the thermal resistance of NPN transistors.....	66
Figure 34 – Emitter current (I_E) versus emitter-base voltage (V_{EB}) for the junction temperatures $T_j^{(1)}$ and $T_j^{(2)}$	66
Figure 35 – I_E and V_{EB} change with time	67
Figure 36 – Circuit diagram.....	69
Figure 37 – Switching times	70
Figure 38 – Circuit for the measurement of the transition frequency.....	71
Figure 39 – Circuit for the measurement of complex common-emitter y parameters	73
Figure 40 – Three-pole circuit for the measurement of y_{11e}	74
Figure 41 – Three-pole circuit for the measurement of y_{22e}	74
Figure 42 – Three-pole circuit for the measurement of y_{21e}	75
Figure 43 – Three-pole circuit for the measurement of y_{12e}	76
Figure 44 – Block diagram of the circuit for the measurement of s_{11} and s_{22} parameters	77

Figure 45 – Block diagram of the circuit for the measurement of s_{12} and s_{21} parameters	79
Figure 46 – Basic block diagram for the measurement of the noise figure	81
Figure 47 – Basic circuit for the measurement of the noise figure up to 3 MHz.....	83
Figure 48 – Basic circuit for the measurement of the noise figure from 3 MHz to 300 MHz	84
Figure 49 – Basic circuit for the measurement of the noise figure below 1 kHz (signal generator method)	86
Figure 50 – Basic circuit for the measurement of h_{21E1}/h_{21E2}	88
Figure 51 – Matching of the collector current	90
Figure 52 – Circuit diagram for measuring the on-state input voltage $V_{I(on)}$, and off-state input voltage $V_{I(off)}$	90
Figure 53 – Circuit diagram for measuring the bias resistor r_1	91
Figure 54 – Circuit diagram and measuring the bias resistor r_2	92
Figure 55 – Circuit diagram for measuring the on-state output voltage $V_{O(on)}$	93
Figure 56 – Circuit diagram for measuring the off-state output current $I_{O(off)}$	94
Figure 57 – Test circuit for high temperature blocking.....	96
Figure 58 – Circuit for Intermittent operating life	97
Figure 59 – Expected number of cycles versus temperature rise ΔT_{vj}	97
Figure A.1 – Typical ΔV_{EB} versus collector-base (V_{CB}) characteristics.....	99
Figure A.2 – Typical safe operating area.....	100
Table 1 – Acceptance defining characteristics and acceptance criteria	35
Table 2 – Acceptance defining characteristics suitable for resistor biased transistor	35
Table 3 – Acceptance defining characteristics after endurance tests for bipolar transistors.....	95
Table 4 – Minimum items of type and routine tests for transistors when applicable	98

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES –
DISCRETE DEVICES –****Part 7: Bipolar 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.

DISCLAIMER

This Consolidated version is not an official IEC Standard and has been prepared for user convenience. Only the current versions of the standard and its amendment(s) are to be considered the official documents.

This Consolidated version of IEC 60747-7 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2010-12) [documents 47E/404/FDIS and 47E/408/RVD] and its amendment 1 (2019-09) [documents 47E/635/CDV and 47E/672/RVC]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

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 60747-7 has been prepared by subcommittee 47E: Discrete semiconductor devices, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

The main changes with respect to previous edition are listed below.

- a) Clause 1 was amended by adding an item that should be included.
- b) Clauses 3, 4, 5, 6 and 7 were amended by adding terms, definitions, suitable additions and deletions those should be included.
- c) The text of the second edition was combined with that of IEC 60747-7-5.

This standard is to be read in conjunction with IEC 60747-1:2006.

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

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

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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 7: Bipolar transistors

1 Scope

This part of IEC 60747-7 gives the requirements applicable to the following sub-categories of bipolar transistors excluding microwave transistors.

- Small signal transistors (excluding switching and microwave applications);
- Linear power transistors (excluding switching, high-frequency, and microwave applications);
- High-frequency power transistors for amplifier and oscillator applications;
- Switching transistors for high speed switching and power switching applications;
- Resistor biased transistors.

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 60050-521:2002, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 521: Semiconductor devices and integrated circuits*

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

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

SOMMAIRE

SOMMAIRE	102
AVANT-PROPOS	106
1 Domaine d'application	108
2 Références normatives	108
3 Termes et définitions	108
3.1 Régions fonctionnelles spécifiques	108
3.2 Transistor à résistances de polarisation	109
3.3 Termes relatifs aux valeurs assignées et aux caractéristiques	110
4 Symboles littéraux	113
4.1 Généralités	113
4.2 Indices supplémentaires	113
4.3 Listes des symboles littéraux	114
4.3.1 Généralités	114
4.3.2 Tensions	114
4.3.3 Courants	115
4.3.4 Puissances	115
4.3.5 Paramètres électriques	115
4.3.6 Paramètres de fréquence	119
4.3.7 Paramètres de commutation	120
4.3.8 Énergies	121
4.3.9 Grandeurs diverses	122
4.3.10 Transistors bipolaires appariés	122
4.3.11 Transistor à résistances de polarisation	122
5 Valeurs assignées et caractéristiques essentielles	123
5.1 Généralités	123
5.2 Transistors en petits signaux	123
5.2.1 Valeurs assignées (valeurs limites)	123
5.2.2 Caractéristiques	123
5.3 Transistors de puissance linéaire	125
5.3.1 Valeurs assignées (valeurs limites)	125
5.3.2 Caractéristiques	126
5.4 Transistors de puissance haute fréquence pour applications en amplificateurs et en oscillateurs	127
5.4.1 Valeurs assignées (valeurs limites)	127
5.4.2 Caractéristiques	128
5.5 Transistors de commutation	131
5.5.1 Valeurs assignées (valeurs limites)	131
5.5.2 Caractéristiques	132
5.6 Transistors à résistances de polarisation	134
5.6.1 Valeurs assignées	134
5.6.2 Caractéristiques	135
6 Méthodes de mesure	136
6.1 Généralités	136
6.2 Vérification des valeurs assignées (valeurs limites)	136
6.2.1 Critères de réception	136
6.2.2 Courant collecteur	137

6.2.3	Courant collecteur de crête.....	137
6.2.4	Courant de base.....	138
6.2.5	Courant de crête de la base.....	139
6.2.6	Tension collecteur-base.....	140
6.2.7	Tension collecteur-émetteur, tension de sortie.....	141
6.2.8	Tension émetteur-base, tension d'entrée.....	142
6.2.9	Aire de sécurité de fonctionnement (SOA).....	143
6.2.10	Courant de sortie (I_O).....	147
6.2.11	Tension de maintien collecteur-émetteur.....	148
6.3	Méthodes de mesure.....	150
6.3.1	Intervalles de temps total d'établissement et énergie d'établissement avec charge inductive.....	150
6.3.2	Intervalles de temps total de coupure et énergie de coupure avec charge inductive.....	151
6.3.3	Courants résiduels collecteur-émetteur (méthode en courant continu).....	153
6.3.4	Courant résiduel collecteur-base (méthode en courant continu).....	153
6.3.5	Courant résiduel émetteur-base (méthode en courant continu).....	154
6.3.6	Tension de saturation collecteur-émetteur.....	154
6.3.7	Tension de saturation base-émetteur.....	156
6.3.8	Tension base-émetteur (méthode en courant continu).....	158
6.3.9	Capacités.....	159
6.3.10	Paramètres hybrides (petits et forts signaux).....	162
6.3.11	Résistance thermique.....	169
6.3.12	Temps de commutation avec charge résistive.....	174
6.3.13	Paramètres haute fréquence (f_T , y_{fe} , s_{11}).....	176
6.3.14	Bruit (F).....	187
6.3.15	Méthodes de mesure pour les transistors bipolaires appariés.....	194
6.3.16	Méthode de mesure pour transistors à résistances de polarisation.....	197
7	Réception et fiabilité.....	202
7.1	Exigences générales.....	202
7.2	Exigences spécifiques.....	202
7.2.1	Liste d'essais d'endurance.....	202
7.2.2	Conditions pour les essais d'endurance.....	202
7.2.3	Caractéristiques définissant la réception et critères de réception pour les essais de fiabilité.....	202
7.3	Méthodes d'essais d'endurance et de fiabilité.....	203
7.3.1	Blocage haute température (HTRB).....	203
7.3.2	Durée intermittente en fonctionnement.....	204
7.4	Essais de type et essais individuels de série.....	205
7.4.1	Essais de type.....	205
7.4.2	Essais individuels de série.....	206
Annexe A (informative)	Détermination de l'aire SOA.....	208
Figure 1	– Symbole graphique du transistor à résistance de polarisation.....	109
Figure 2	– Circuit hybride équivalent en π modifié.....	119
Figure 3	– Circuit d'essai pour courant collecteur.....	137
Figure 4	– Circuit d'essai pour courant collecteur de crête.....	138
Figure 5	– Circuit d'essai pour courant de base.....	139

Figure 6 – Circuit d'essai pour courant de crête de la base	140
Figure 7 – Circuit pour essais de tension collecteur-base V_{CBO} , V_{CBS} , V_{CBR} , V_{CBX}	141
Figure 8 – Circuit pour essais de tension collecteur-émetteur V_{CEO} , V_{CES} , V_{CER} , V_{CEX} , V_O	142
Figure 9 – Circuit pour essais de tensions émetteur-base V_{EBO} et tension d'entrée V_I	143
Figure 10 – Circuit d'essai d'aire de sécurité de fonctionnement en polarisation inverse (RBSOA).....	144
Figure 11 – Formes d'onde et courbes pour la RBSOA	145
Figure 12 – Circuit pour essais de durée d'impulsion de sécurité de fonctionnement en court-circuit de charge (SCSOA).....	146
Figure 13 – Formes d'onde du courant de base I_B , du courant collecteur I_C et de la tension V_{CE} pendant un état de court-circuit de charge SCSOA.....	146
Figure 14 – Schéma de circuit pour vérifier le courant de sortie I_O	147
Figure 15 – Circuit de base pour la mesure de la tension de maintien collecteur- émetteur	148
Figure 16 – Caractéristique I_C en fonction de V_{CE}	149
Figure 17 – Schéma de circuit et formes d'onde.....	150
Figure 18 – Formes d'onde durant les intervalles de coupure.....	152
Figure 19 – Circuit de base pour la mesure des courants résiduels collecteur-émetteur	153
Figure 20 – Circuit de base pour la mesure de la tension de saturation collecteur- émetteur (méthode en courant continu).....	154
Figure 21 – Circuit de base pour la mesure de la tension de saturation collecteur- émetteur (méthode par impulsion).....	155
Figure 22 – Circuit de base pour la mesure de la tension de saturation base-émetteur (méthode en courant continu)	156
Figure 23 – Circuit de base pour la mesure de la tension de saturation base-émetteur (méthodes par impulsion).....	157
Figure 24 – Circuit de base pour la mesure de la tension base-émetteur (méthode en courant continu).....	158
Figure 25 – Circuit de base pour la mesure de la capacité de sortie en montage base commune utilisant un pont dipôle	159
Figure 26 – Circuit de base pour la mesure de C_{CB} utilisant un pont tripôle	160
Figure 27 – Circuit de base pour la mesure de C_{cb} utilisant un pont tripôle	161
Figure 28 – Circuit de base pour la mesure de h_{11e} et h_{21e}	162
Figure 29 – Circuit de base pour la mesure de h_{12e}	164
Figure 30 – Circuit de base pour la mesure de h_{22e}	165
Figure 31 – Circuit de base pour la mesure de h_{22b}	166
Figure 32 – Circuit de base pour la mesure de h_{21E}	168
Figure 33 – Circuit de base pour mesurer la résistance thermique des transistors NPN	171
Figure 34 – Courant émetteur (I_E) en fonction de la tension directe émetteur-base (V_{EB}) pour les températures de jonction $T_j^{(1)}$ et $T_j^{(2)}$	171
Figure 35 – Variations de I_E et de V_{EB} en fonction du temps	172
Figure 36 – Schéma de circuit	174
Figure 37 – Temps de commutation	175
Figure 38 – Circuit pour la mesure de la fréquence de transition	176
Figure 39 – Circuit pour la mesure des paramètres complexes y en émetteur commun	178
Figure 40 – Circuit tripôle pour la mesure de y_{11e}	179

Figure 41 – Circuit tripôle pour la mesure de y_{22e}	180
Figure 42 – Circuit tripôle pour la mesure de y_{21e}	181
Figure 43 – Circuit tripôle pour la mesure de y_{12e}	182
Figure 44 – Schéma synoptique du circuit pour la mesure des paramètres s_{11} et s_{22}	183
Figure 45 – Schéma synoptique du circuit pour la mesure des paramètres s_{12} et s_{21}	185
Figure 46 – Schéma synoptique de base pour la mesure du facteur de bruit	188
Figure 47 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit jusqu'à 3 MHz	190
Figure 48 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit de 3 MHz à 300 MHz	191
Figure 49 – Circuit de base pour la mesure du facteur de bruit en dessous de 1 kHz (méthode du générateur de signal)	193
Figure 50 – Circuit de base pour la mesure de h_{21E1}/h_{21E2}	195
Figure 51 – Adaptation du courant collecteur	197
Figure 52 – Schéma de circuit pour mesurer la tension d'entrée à l'état passant $V_{I(on)}$, et la tension d'entrée à l'état bloqué $V_{I(off)}$	198
Figure 53 – Schéma de circuit pour mesurer la résistance de polarisation r_1	199
Figure 54 – Schéma de circuit et mesure de la résistance de polarisation r_2	200
Figure 55 – Schéma de circuit pour mesurer la tension de sortie à l'état passant $V_{O(on)}$	201
Figure 56 – Schéma de circuit pour mesurer le courant de sortie à l'état bloqué $I_{O(off)}$	202
Figure 57 – Circuit d'essai pour le blocage haute température	204
Figure 58 – Circuit pour la durée intermittente de fonctionnement	205
Figure 59 – Nombre prévu de cycles en fonction de l'échauffement ΔT_{vj}	205
Figure A.1 – Caractéristique type de ΔV_{EB} en fonction de la tension collecteur-base (V_{CB})	208
Figure A.2 – Aire de sécurité de fonctionnement type	209
Tableau 1 – Caractéristiques définissant la réception et critères de réception	136
Tableau 2 – Caractéristiques définissant la réception adaptées au transistor à résistances de polarisation	136
Tableau 3 – Caractéristiques définissant la réception après des essais d'endurance pour transistors bipolaires	203
Tableau 4 – Éléments minimaux des essais de type et des essais individuels de série pour les transistors, le cas échéant	206

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS –
DISPOSITIFS DISCRETS –****Partie 7: Transistors bipolaires**

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.

DÉGAGEMENT DE RESPONSABILITÉ

Cette version consolidée n'est pas une Norme IEC officielle, elle a été préparée par commodité pour l'utilisateur. Seules les versions courantes de cette norme et de son(s) amendement(s) doivent être considérées comme les documents officiels.

Cette version consolidée de l'IEC 60747-7 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2010-12) [documents 47E/404/FDIS et 47E/408/RVD] et son amendement 1 (2019-09) [documents 47E/635/CDV et 47E/672/RVC]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

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 60747-7 a été établie par le sous-comité 47E: Dispositifs discrets à semi-conducteurs, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semi-conducteurs.

Les principaux changements par rapport à l'édition précédente sont énumérés ci-dessous.

- a) L'Article 1 a été amendé par l'ajout d'un élément qu'il convient d'inclure.
- b) Les Articles 3, 4, 5, 6 et 7 ont été amendés en ajoutant des termes et des définitions, ainsi que des ajouts et suppressions adaptés qu'il convient d'inclure.
- c) Le texte de la deuxième édition a été combiné à l'IEC 60747-7-5.

Cette norme doit être lue conjointement avec l'IEC 60747-1:2006.

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

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

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

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 7: Transistors bipolaires

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60747 donne les exigences applicables aux sous-catégories suivantes de transistors bipolaires, à l'exclusion des transistors micro-ondes.

- Transistors petits signaux (à l'exclusion des applications en commutation et en micro-ondes);
- Transistors de puissance linéaire (à l'exclusion des applications en commutation, à haute fréquence et en micro-ondes);
- Transistors de puissance haute fréquence pour applications en amplificateurs et en oscillateurs;
- Transistors de commutation pour applications en commutation à grande vitesse et en commutation de puissance;
- Transistors à résistances de polarisation.

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 60050-521:2002, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 521: Dispositifs à semi-conducteurs et circuits intégrés*

IEC 60747-1:2006, *Dispositifs à semi-conducteurs – Partie 1: Généralités*

IEC 60747-4:2007, *Dispositifs à semi-conducteurs – Dispositifs discrets – Partie 4: Diodes et transistors hyperfréquences*