IEC 61709

Edition 3.0 2017-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

Electric components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion

Composants électriques – Fiabilité – Conditions de référence pour les taux de défaillance et modèles de contraintes pour la conversion

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ICS 31.020

ISBN 978-2-8322-3902-5

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.

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

CONTENTS

FOREWORD 9
INTRODUCTION 11
1 Scope 12
2 Normative references 12
3 Terms, definitions and symbols 12
3.1 Terms and definitions 12
3.2 Symbols 16
4 Context and conditions 17
4.1 Failure modes and mechanisms 17
4.2 Thermal modelling 18
4.3 Mission profile consideration 18
4.3.1 General 18
4.3.2 Operating and non-operating conditions 18
4.3.3 Dormancy 19
4.3.4 Storage 19
4.4 Environmental conditions 19
4.5 Components choice 21
4.6 Reliability growth during the deployment phase of new equipment 22
4.7 How to use this document 23
5 Generic reference conditions and stress models 24
5.1 Recommended generic reference conditions 24
5.2 Generic stress models 25
5.2.1 General 25
5.2.2 Stress factor for voltage dependence, π_U 26
5.2.3 Stress factor for current dependence, π_I 26
5.2.4 Stress factor for temperature dependence, π_T 26
5.2.5 Environmental application factor, π_E 28
5.2.6 Dependence on switching rate, π_S 28
5.2.7 Dependence on electrical stress, π_{ES} 29
5.2.8 Other factors of influence 29
6 Integrated semiconductor circuits 29
6.1 Specific reference conditions 29
6.2 Specific stress models 31
6.2.1 General 31
6.2.2 Voltage dependence, factor π_U 32
6.2.3 Temperature dependence, factor π_T 32
7 Discrete semiconductors 35
7.1 Specific reference conditions 35
7.2 Specific stress models 36
7.2.1 General 36
7.2.2 Voltage dependence for transistors, factor π_U 37
7.2.3 Temperature dependence, factor π_T 37
8 Optoelectronic components 39

8.1 Specific reference conditions 39
8.2 Specific stress models 41
8.2.1 General 41
8.2.2 Voltage dependence, factor π_U 41
8.2.3 Current dependence, factor π_I 41
8.2.4 Temperature dependence, factor π_T 42
9 Capacitors 44
9.1 Specific reference conditions 44
9.2 Specific stress model 44
9.2.1 General 44
9.2.2 Voltage dependence, factor π_U 44
9.2.3 Temperature dependence, factor π_T 46
10 Resistors and resistor networks 47
10.1 Specific reference conditions 47
10.2 Specific stress models 48
10.2.1 General 48
10.2.2 Temperature dependence, factor π_T 48
11 Inductors, transformers and coils 49
11.1 Reference conditions 49
11.2 Specific stress model 49
11.2.1 General 49
11.2.2 Temperature dependence, factor π_T 49
12 Microwave devices 50
12.1 Specific reference conditions 50
12.2 Specific stress models 51
13 Other passive components 51
13.1 Specific reference conditions 51
13.2 Specific stress models 51
14 Electrical connections 51
14.1 Specific reference conditions 51
14.2 Specific stress models 52
15 Connectors and sockets 52
15.1 Reference conditions 52
15.2 Specific stress models 52
16 Relays 52
16.1 Reference conditions 52
16.2 Specific stress models 53
16.2.1 General 53
16.2.2 Dependence on switching rate, factor π_S 53
16.2.3 Dependence on electrical stress, factor π_{ES} 54
16.2.4 Temperature dependence, factor π_T 55
17 Switches and push-buttons 55
17.1 Specific reference conditions 55
17.2 Specific stress model 56
17.2.1 General 56

17.2.2 Dependence on electrical stress, factor π_{ES} 56
18 Signal and pilot lamps 57
18.1 Specific reference conditions 57
18.2 Specific stress model 57
18.2.1 General 57
18.2.2 Voltage dependence, factor π_U 58
19 Printed circuit boards (PCB) 58
20 Hybrid circuits 58
Annex A (normative) Failure modes of components 59
Annex B (informative) Thermal model for semiconductors 62
B.1 Thermal model 62
B.2 Junction temperature calculation 63
B.3 Thermal resistance evaluation 64
B.4 Power dissipation of an integrated circuit *P* 65
Annex C (informative) Failure rate prediction 68
C.1 General 68
C.2 Failure rate prediction for assemblies 68
C.2.1 General 68
C.2.2 Assumptions and limitations 69
C.2.3 Process for failure rate prediction 69
C.2.4 Prediction models 70
C.2.5 Other methods of reliability prediction 71
C.2.6 Validity considerations of reliability models and predictions 72
C.3 Component considerations 73
C.3.1 Component model 73
C.3.2 Components classification 73
C.4 General consideration about failure rate 73
C.4.1 General 73
C.4.2 General behaviour of the failure rate of components 74
C.4.3 Expected values of failure rate 75
C.4.4 Sources of variation in failure rates 75
Annex D (informative) Considerations on mission profile 77
D.1 General 77
D.2 Dormancy 77
D.3 Mission profile 78
D.4 Example of mission profile 79
Annex E (informative) Useful life models 80
E.1 General 80
E.2 Power transistors 80
E.3 Optocouplers 80
E.3.1 Useful life L 80
E.3.2 Factor L_0 81
E.3.3 Factor κ_0 81
E.3.4 Factor κ_1 82
E.3.5 Factor κ_2 82
E.3.6 Factor κ_3 82
E.4 LED and LED modules 83

E.4.1 Useful life L 83
E.4.2 Factor L_0 83
E.4.3 Factor κ_0 84
E.4.4 Factor κ_1 84
E.4.5 Factor κ_2 85
E.4.6 Factor κ_3 85
E.5 Aluminium, non-solid electrolyte capacitors 85
E.6 Relays 86
E.7 Switches and keyboards 86
E.8 Connectors 86
Annex F (informative) Physics of failure 87
F.1 General 87
F.2 Failure mechanisms of integrated circuits 88
Annex G (informative) Considerations for the design of a data base on failure rates 89
G.1 General 89
G.2 Data collection acquisition – collection process 89
G.3 Which data to collect and how to collect it 89
G.4 Calculation and decision making 90
G.5 Data descriptions 90
G.6 Identification of components 90
G.6.1 General 90
G.6.2 Component identification 91
G.6.3 Component technology 91
G.7 Specification of components 91
G.7.1 General 91
G.7.2 Electrical specification of components 91
G.7.3 Environmental specification of components 92
G.8 Field related issues data 92
G.8.1 General 92
G.8.2 Actual field conditions 92
G.8.3 Data on field failures 92
G.9 Test related issues data 93
G.9.1 General 93
G.9.2 Actual test conditions 93
G.9.3 Data on test failures 93
G.10 Failure rate database attributes 94
Annex H (informative) Potential sources of failure rate data and methods of selection 96
H.1 General 96
H.2 Data source selection 96
H.3 User data 97
H.4 Manufacturer’s data 97
H.5 Handbook reliability data 98
H.5.1 General 98
H.5.2 Using handbook data with this document 98
H.5.3 List of available handbooks 99
Annex I (informative) Overview of component classification 102
I.1 General 102
I.2 The IEC 61360 system 102

I.3 Other systems 110
I.3.1 General 110
I.3.2 NATO stock numbers 110
I.3.3 UNSPSC codes 110
I.3.4 STEP/EXPRESS 110
I.3.5 IECQ 110
I.3.6 ECALS 111
I.3.7 ISO 13584 111
I.3.8 MIL specifications 111
Annex J (informative) Presentation of component reliability data 112
J.1 General 112
J.2 Identification of components 112
J.2.1 General 112
J.2.2 Component identification 113
J.2.3 Component technology 113
J.3 Specification of components 113
J.3.1 General 113
J.3.2 Electrical specification of components 113
J.3.3 Environmental specification of components 113
J.4 Test related issues data 113
J.4.1 General 113
J.4.2 Actual test conditions 114
J.5 Data on test failures 114
Annex K (informative) Examples 116
K.1 Integrated circuit 116
K.2 Transistor 116
K.3 Capacitor 116
K.4 Relay 117
Bibliography 118

Figure 1 – Comparison of the temperature dependence of π_T for CMOS IC 24
Figure 2 – Selection of stress regions in accordance with current and voltage-operating conditions 54
Figure 3 – Selection of stress regions in accordance with current and voltage-operating conditions 56
Figure B.1 – Temperatures inside equipment 63
Figure B.2 – Thermal resistance model 64
Figure D.1 – Mission profile 79

Table 1 – Basic environments 20
Table 2 – Values of environmental parameters for basic environments 21
Table 3 – Recommended reference conditions for environmental and mechanical stresses 25
Table 4 – Environmental application factor, π_E 28
Table 5 – Memory 30
Table 6 – Microprocessors and peripherals, microcontrollers and signal processors 30
Table 7 – Digital logic families and bus interfaces, bus driver and receiver circuits 30

Table 8 – Analog ICs 31
Table 9 – Application-specific ICs (ASICs) 31
Table 10 – Constants for voltage dependence 32
Table 11 – Factor π_U for digital CMOS-family ICs 32
Table 12 – Factor π_U for bipolar analog ICs 32
Table 13 – Constants for temperature dependence 32
Table 14 – Factor π_T for ICs (without EPROM; FLASH-EPROM; OTPROM; EEPROM; EAROM) 34
Table 15 – Factor π_T for EPROM; FLASH-EPROM; OTPROM; EEPROM; EAROM 34
Table 16 – Transistors common, low frequency 35
Table 17 – Transistors, microwave, (e.g. RF > 800 MHz) 35
Table 18 – Diodes 36
Table 19 – Power semiconductors 36
Table 20 – Constants for voltage dependence of transistors 37
Table 21 – Factor π_U for transistors 37
Table 22 – Constants for temperature dependence of discrete semiconductors 37
Table 23 – Factor π_T for transistors, reference and microwave diodes 38
Table 24 – Factor π_T for diodes (without reference and microwave diodes) and power semiconductors 38
Table 25 – Optoelectronic semiconductor signal receivers 39
Table 26 – LEDs, IREDs, laser diodes and transmitter components 39
Table 27 – Optocouplers and light barriers 40
Table 28 – Passive optical components 40
Table 29 – Transceiver, transponder and optical sub-equipment 40
Table 30 – Constants for voltage dependence of phototransistors 41
Table 31 – Factor π_U for phototransistors 41
Table 32 – Constants for current dependence of LEDs and IREDs 42
Table 33 – Factor π_I for LEDs and IREDs 42
Table 34 – Constants for temperature dependence of optoelectronic components 42
Table 35 – Factor π_T for optical components 43
Table 36 – Capacitors 44
Table 37 – Constants for voltage dependence of capacitors 45
Table 38 – Factor π_U for capacitors 45
Table 39 – Constants for temperature dependence of capacitors 46
Table 40 – Factor π_T for capacitors 47
Table 41 – Resistors and resistor networks 48
Table 42 – Constants for temperature dependence of resistors 48
Table 43 – Factor π_T for resistors 49
Table 44 – Inductors, transformers and coils 49
Table 45 – Constants for temperature dependence of inductors, transformers and coils 49
Table 46 – Factor π_T for inductors, transformers and coils 50

Table 47 – Microwave devices 50
Table 48 – Other passive components 51
Table 49 – Electrical connections 52
Table 50 – Connectors and sockets 52
Table 51 – Relays 53
Table 52 – Factor π_{ES} for low current relays 54
Table 53 – Factor π_{ES} for general purpose relays 54
Table 54 – Factor π_{ES} for automotive relays 55
Table 55 – Constants for temperature dependence of relays 55
Table 56 – Factor π_T for relays 55
Table 57 – Switches and push-buttons 56
Table 58 – Factor π_{ES} for switches and push-buttons for low electrical stress 57
Table 59 – Factor π_{ES} for switches and push-buttons for higher electrical stress 57
Table 60 – Signal and pilot lamps 57
Table 61 – Factor π_U for signal and pilot lamps 58
Table A.1 – Failure modes: ICs (digital) 59
Table A.2 – Failure modes: transistors, diodes, optocouplers 60
Table A.3 – Failure modes: LEDs 60
Table A.4 – Failure modes: laser diodes and modules 60
Table A.5 – Failure modes: photodiodes and receiver modules 60
Table A.6 – Failure modes: capacitors 61
Table A.7 – Failure modes: resistors, inductive devices, relays 61
Table B.1 – Thermal resistance as a function of package type, pin number and airflow factor 65
Table B.2 – Typical values of v are K 65
Table B.3 – Values of P_{DC} and P_f 66
Table E.1 – Useful life limitations for switches and keyboards 86
Table F.1 – Failure mechanism for Integrated circuits 88
Table G.1 – Reliability prediction database attributes 95
Table H.1 – Result of calculation for transistors common, low frequency 99
Table H.2 – Sources of reliability data (in alphabetical order) 99
Table I.1 – Classification tree (IEC 61360-4) 103

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

ELECTRIC COMPONENTS – RELIABILITY – REFERENCE CONDITIONS FOR FAILURE RATES AND STRESS MODELS FOR CONVERSION

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61709 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 2011. This edition constitutes a technical revision. This third edition is a merger of IEC 61709:2011 and IEC TR 62380:2004.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) addition of 4.5 Components choice, 4.6 Reliability growth during the deployment phase of new equipment, 4.7 How to use this document, and of Clause 19 Printed circuit boards (PCB) and Clause 20 Hybrid circuits with respect to IEC TR 62380;
b) addition of failure modes of components in Annex A;

c) modification of Annex B, Thermal model for semiconductors, adopted and revised from IEC TR 62380;

d) modification of Annex D, Considerations on mission profile;

e) modification of Annex E, Useful life models, adopted and revised from IEC TR 62380;

f) revision of Annex F (former B.2.6.4), Physics of failure;

g) addition of Annex G (former Annex C), Considerations for the design of a data base on failure rates, complemented with parts of IEC 60319;

h) addition of Annex H, Potential sources of failure rate data and methods of selection;

i) addition of Annex J, Presentation of component reliability data, based on IEC 60319.

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

FDIS	Report on voting
56/1714/FDIS	56/1721/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

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.

INTRODUCTION

This document is intended for the reliability prediction of electric components as used in equipment and is aimed at organizations that have their own data and describes how to state and use that data in order to perform reliability predictions.

It can also be used to allow an organization to set up a failure rate database and describes the reference conditions for which field failure rates should be stated. The reference conditions adopted in this document are typical of the majority of applications of components in equipment however when components operate under other conditions the users may consider stating these conditions as their reference conditions.

Using the presented stress models allows extrapolation of failure rates from reference conditions to other operating conditions which in turn permits the prediction of failure rates at assembly level. This allows estimation of the effect of design changes or changes in the environmental conditions on component reliability. Reliability prediction is most useful in the early design phase of equipment. It can be used, for example, to identify potential reliability problems, the planning of logistic support strategies and the evaluation of designs.

The stress models contained herein are generic and are as simple as possible while still being comparable with more complex equations contained in other models. The predictions generated using this document have a wide range of prediction accuracy.

This document does not contain failure rates, but it describes how they can be stated and used. This approach allows a user to select the most relevant and up to date failure rates for the prediction from a source that they select. This document also contains information on how to select the data that can be used in the presented models.

The failure rates considered in this document are assumed to be constant, either for an unlimited period of operation (general case) or for limited periods. The limitation of life is called useful life and applies only for some few component families, reaching the wear-out failure period (during which the failure rate is increasing) within the normal period of use. It is hence assumed that during useful life, the failure rate can be considered constant for any practical use.

For the purposes of this document the term electric component includes the commonly used terms “electronic component”, “electrical component” and “electro-mechanical component”.

ELECTRIC COMPONENTS – RELIABILITY – REFERENCE CONDITIONS FOR FAILURE RATES AND STRESS MODELS FOR CONVERSION

1 Scope

This document gives guidance on the use of failure rate data for reliability prediction of electric components used in equipment.

The method presented in this document uses the concept of reference conditions which are the typical values of stresses that are observed by components in the majority of applications.

Reference conditions are useful since they provide a known standard basis from which failure rates can be modified to account for differences in environment from the environments taken as reference conditions. Each user can use the reference conditions defined in this document or use their own. When failure rates stated at reference conditions are used it allows realistic reliability predictions to be made in the early design phase.

The stress models described herein are generic and can be used as a basis for conversion of failure rate data given at these reference conditions to actual operating conditions when needed and this simplifies the prediction approach. Conversion of failure rate data is only possible within the specified functional limits of the components.

This document also gives guidance on how a database of component failure data can be constructed to provide failure rates that can be used with the included stress models. Reference conditions for failure rate data are specified, so that data from different sources can be compared on a uniform basis. If failure rate data are given in accordance with this document then additional information on the specified conditions can be dispensed with.

This document does not provide base failure rates for components – rather it provides models that allow failure rates obtained by other means to be converted from one operating condition to another operating condition.

The prediction methodology described in this document assumes that the parts are being used within its useful life. The methods in this document have a general application but are specifically applied to a selection of component types as defined in Clauses 6 to 20 and I.2.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-192:2015*, International electrotechnical vocabulary – Part 192: Dependability*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 130
INTRODUCTION 132
1 Domaine d'application 133
2 Références normatives 133
3 Termes, définitions et symboles 134
3.1 Termes et définitions 134
3.2 Symboles 137
4 Contexte et conditions 139
4.1 Modes de défaillance et mécanismes 139
4.2 Modélisation thermique 139
4.3 Considérations relatives au profil de mission 140
4.3.1 Généralités 140
4.3.2 Conditions de fonctionnement et de non-fonctionnement 140
4.3.3 Dormance 140
4.3.4 Stockage 140
4.4 Conditions d'environnement 141
4.5 Choix des composants 143
4.6 Croissance de la fiabilité pendant la phase de déploiement du nouvel équipement 144
4.7 Méthode d'utilisation du présent document 145
5 Conditions de référence et modèles de contraintes génériques 146
5.1 Conditions de référence génériques recommandées 146
5.2 Modèles de contraintes génériques 147
5.2.1 Généralités 147
5.2.2 Facteur de contrainte applicable à l'influence de la tension, π_U 148
5.2.3 Facteur de contrainte applicable à l'influence du courant, π_I 148
5.2.4 Facteur de contrainte applicable à l'influence de la température, π_T 149
5.2.5 Facteur d'environnement, π_E 150
5.2.6 Influence de la fréquence de manœuvre, π_S 151
5.2.7 Influence des contraintes électriques, π_{ES} 151
5.2.8 Autres facteurs d'influence 151
6 Circuits intégrés à semiconducteurs 152
6.1 Conditions de référence spécifiques 152
6.2 Modèles de contraintes spécifiques 154
6.2.1 Généralités 154
6.2.2 Influence de la tension, facteur π_U 154
6.2.3 Influence de la température, facteur π_T 155
7 Composants discrets à semiconducteurs 157
7.1 Conditions de référence spécifiques 157
7.2 Modèles de contraintes spécifiques 158
7.2.1 Généralités 158
7.2.2 Influence de la tension pour les transistors, facteur π_U 159
7.2.3 Influence de la température, facteur π_T 159

8 Composants optoélectroniques 161
8.1 Conditions de référence spécifiques 161
8.2 Modèles de contraintes spécifiques 163
8.2.1 Généralités 163
8.2.2 Influence de la tension, facteur π_U 164
8.2.3 Influence du courant, facteur π_I 164
8.2.4 Influence de la température, facteur π_T 164
9 Condensateurs 167
9.1 Conditions de référence spécifiques 167
9.2 Modèle de contrainte spécifique 167
9.2.1 Généralités 167
9.2.2 Influence de la tension, facteur π_U 168
9.2.3 Influence de la température, facteur π_T 169
10 Résistances et réseaux de résistances 171
10.1 Conditions de référence spécifiques 171
10.2 Modèles de contraintes spécifiques 172
10.2.1 Généralités 172
10.2.2 Influence de la température, facteur π_T 172
11 Inductances, transformateurs et bobines 173
11.1 Conditions de référence 173
11.2 Modèle de contrainte spécifique 173
11.2.1 Généralités 173
11.2.2 Influence de la température, facteur π_T 173
12 Dispositifs pour hyperfréquences 174
12.1 Conditions de référence spécifiques 174
12.2 Modèles de contraintes spécifiques 175
13 Autres composants passifs 175
13.1 Conditions de référence spécifiques 175
13.2 Modèles de contraintes spécifiques 176
14 Connexions électriques 176
14.1 Conditions de référence spécifiques 176
14.2 Modèles de contraintes spécifiques 176
15 Connecteurs et supports 177
15.1 Conditions de référence 177
15.2 Modèles de contraintes spécifiques 177
16 Relais 177
16.1 Conditions de référence 177
16.2 Modèles de contraintes spécifiques 178
16.2.1 Généralités 178
16.2.2 Influence de la fréquence de manœuvre, facteur π_S 178
16.2.3 Influence des contraintes électriques, facteur π_{ES} 178
16.2.4 Influence de la température, facteur π_T 179
17 Commutateurs et boutons poussoirs 180
17.1 Conditions de référence spécifiques 180
17.2 Modèle de contrainte spécifique 180

17.2.1 Généralités 180
17.2.2 Influence des contraintes électriques, facteur π_{ES} 181
18 Lampes de signalisation et lampes témoins 182
18.1 Conditions de référence spécifiques 182
18.2 Modèle de contrainte spécifique 182
18.2.1 Généralités 182
18.2.2 Influence de la tension, facteur π_U 182
19 Cartes de circuits imprimés (PCB) 183
20 Circuits hybrides 183
Annexe A (normative) Modes de défaillances des composants 184
Annexe B (informative) Modèle thermique pour semiconducteurs 188
B.1 Modèle thermique 188
B.2 Calcul de la température de jonction 189
B.3 Évaluation de la résistance thermique 190
B.4 Puissance dissipée d'un circuit intégré *P* 191
Annexe C (informative) Prévision des taux de défaillance 194
C.1 Généralités 194
C.2 Prévision des taux de défaillance pour les ensembles 194
C.2.1 Généralités 194
C.2.2 Hypothèses et limites 195
C.2.3 Processus de prévision du taux de défaillance 196
C.2.4 Modèles de prévision 196
C.2.5 Autres méthodes de prévision de fiabilité 198
C.2.6 Considérations relatives à la validité des modèles et des prévisions de fiabilité 199
C.3 Considérations relatives aux composants 200
C.3.1 Modèle de composant 200
C.3.2 Classification des composants 200
C.4 Considérations d'ordre général relatives au taux de défaillance 200
C.4.1 Généralités 200
C.4.2 Comportement général du taux de défaillance des composants 201
C.4.3 Valeurs prévues du taux de défaillance 202
C.4.4 Sources de variation des taux de défaillance 203
Annexe D (informative) Considérations sur le profil de mission 204
D.1 Généralités 204
D.2 Dormance 204
D.3 Profil de mission 205
D.4 Exemple de profil de mission 206
Annexe E (informative) Modèles de durée de vie 208
E.1 Généralités 208
E.2 Transistors de puissance 208
E.3 Optocoupleurs 208
E.3.1 Durée de vie L 208
E.3.2 Facteur L_0 209
E.3.3 Facteur κ_0 209
E.3.4 Facteur κ_1 210
E.3.5 Facteur κ_2 210

E.3.6 Facteur κ_3 210
E.4 LED et modules de LED 211
E.4.1 Durée de vie L 211
E.4.2 Facteur L_0 211
E.4.3 Facteur κ_0 212
E.4.4 Facteur κ_1 212
E.4.5 Facteur κ_2 213
E.4.6 Facteur κ_3 213
E.5 Condensateurs à l'aluminium à électrolyte non solide 213
E.6 Relais 214
E.7 Commutateurs et claviers 214
E.8 Connecteurs 214
Annexe F (informative) Physique de défaillance 215
F.1 Généralités 215
F.2 Mécanismes de défaillance des circuits intégrés 216
Annexe G (informative) Considérations sur la conception d'une base de données concernant les taux de défaillance 217
G.1 Généralités 217
G.2 Acquisition de données – processus de collecte 217
G.3 Type de données à collecter et méthode de collecte des données 217
G.4 Calcul et processus décisionnel 218
G.5 Descriptions des données 218
G.6 Identification des composants 219
G.6.1 Généralités 219
G.6.2 Identification des composants 219
G.6.3 Technologie du composant 219
G.7 Spécification des composants 220
G.7.1 Généralités 220
G.7.2 Spécification électrique des composants 220
G.7.3 Spécification environnementale des composants 220
G.8 Données d'exploitation 220
G.8.1 Généralités 220
G.8.2 Conditions réelles d'exploitation 220
G.8.3 Données relatives aux défaillances en exploitation 221
G.9 Données d'essai 221
G.9.1 Généralités 221
G.9.2 Conditions d'essai réelles 222
G.9.3 Données relatives aux défaillances en essai 222
G.10 Éléments de la base de données de taux de défaillance 223
Annexe H (informative) Sources potentielles de données de taux de défaillance et méthodes de sélection 225
H.1 Généralités 225
H.2 Sélection des sources de données 225
H.3 Données de l'utilisateur 226
H.4 Données du fabricant 226
H.5 Données de fiabilité issues de recueils 227
H.5.1 Généralités 227
H.5.2 Utilisation des données issues de recueils avec le présent document 227
H.5.3 Liste de recueils disponibles 228

Annexe I (informative) Présentation générale de la classification des composants 231
I.1 Généralités 231
I.2 Système décrit dans l'IEC 61360 231
I.3 Autres systèmes 240
I.3.1 Généralités 240
I.3.2 Numéros de nomenclature OTAN 240
I.3.3 Code SPSC des Nations unies 240
I.3.4 STEP/EXPRESS 240
I.3.5 IECQ 240
I.3.6 ECALS 240
I.3.7 ISO 13584 241
I.3.8 Spécifications militaires (MIL) 241
Annexe J (informative) Présentation des données de fiabilité des composants 242
J.1 Généralités 242
J.2 Identification des composants 242
J.2.1 Généralités 242
J.2.2 Identification des composants 243
J.2.3 Technologie du composant 243
J.3 Spécification des composants 243
J.3.1 Généralités 243
J.3.2 Spécification électrique des composants 243
J.3.3 Spécification environnementale des composants 244
J.4 Données d'essai 244
J.4.1 Généralités 244
J.4.2 Conditions d'essai réelles 244
J.5 Données relatives aux défaillances en essai 244
Annexe K (informative) Exemples 246
K.1 Circuit intégré 246
K.2 Transistor 246
K.3 Condensateur 246
K.4 Relais 247
Bibliographie 248

Figure 1 – Comparaison des facteurs π_T traduisant l'influence de la température pour les circuits intégrés CMOS 146
Figure 2 – Choix des zones de contraintes conformément aux conditions de fonctionnement du courant et de la tension 178
Figure 3 – Choix des zones de contraintes conformément aux conditions de fonctionnement du courant et de la tension 181
Figure B.1 – Températures à l'intérieur de l'équipement 189
Figure B.2 – Modèle de résistance thermique 190
Figure D.1 – Profil de mission 206

Tableau 1 – Environnements de base 142
Tableau 2 – Valeurs des agents environnementaux pour des environnements de base 143
Tableau 3 – Conditions de référence recommandées pour les contraintes environnementales et mécaniques 147

Tableau 4 – Facteur d'environnement, π_E 151
Tableau 5 – Mémoire 152
Tableau 6 – Microprocesseurs et périphériques, microcontrôleurs et processeurs de signaux 152
Tableau 7 – Familles logiques numériques et interfaces de bus, circuit de commande et circuit récepteur de bus 153
Tableau 8 – Circuits intégrés analogiques 153
Tableau 9 – Circuits intégrés spécifiques (ASIC) 154
Tableau 10 – Constantes pour l'influence de la tension 155
Tableau 11 – Facteur π_U pour les circuits intégrés numériques CMOS 155
Tableau 12 – Facteur π_U pour les circuits intégrés analogiques bipolaires 155
Tableau 13 – Constantes pour l'influence de la température 155
Tableau 14 – Facteur π_T pour les circuits intégrés (sauf mémoire EPROM, FLASH-EPROM, OTPROM, EEPROM, EAROM) 156
Tableau 15 – Facteur π_T pour mémoires EPROM, FLASH-EPROM, OTPROM, EEPROM, EAROM 156
Tableau 16 – Transistors communs, à basse fréquence 157
Tableau 17 – Transistors, hyperfréquences (par exemple RF > 800 MHz) 157
Tableau 18 – Diodes 158
Tableau 19 – Semiconducteurs de puissance 158
Tableau 20 – Constantes pour l'influence de la tension pour les transistors 159
Tableau 21 – Facteur π_U pour les transistors 159
Tableau 22 – Constantes pour l'influence de la température pour les composants discrets à semiconducteurs 159
Tableau 23 – Facteur π_T pour les transistors, les diodes de référence et les diodes pour hyperfréquences 160
Tableau 24 – Facteur π_T pour les diodes (sauf les diodes de référence et les diodes pour hyperfréquences) et les semiconducteurs de puissance 160
Tableau 25 – Récepteurs de signaux optoélectroniques à semiconducteurs 161
Tableau 26 – LED (diodes électroluminescentes), IRED (diodes infrarouges), diodes laser et composants d'émetteurs 162
Tableau 27 – Optocoupleurs et barrières photoélectriques 162
Tableau 28 – Composants optiques passifs 162
Tableau 29 – Émetteur-récepteur, transpondeur et sous-équipement optique 163
Tableau 30 – Constantes pour l'influence de la tension sur les phototransistors 164
Tableau 31 – Facteur π_U pour les phototransistors 164
Tableau 32 – Constantes pour l'influence du courant sur les LED et IRED 164
Tableau 33 – Facteur π_I pour les LED et les IRED 164
Tableau 34 – Constantes pour l'influence de la température sur les composants optoélectroniques 165
Tableau 35 – Facteur π_T pour les composants optiques 166
Tableau 36 – Condensateurs 167
Tableau 37 – Constantes pour l'influence de la tension sur les condensateurs 168

Tableau 38 – Facteur π_U pour les condensateurs 169
Tableau 39 – Constantes pour l'influence de la température sur les condensateurs 170
Tableau 40 – Facteur π_T pour les condensateurs 171
Tableau 41 – Résistances et réseaux de résistances 172
Tableau 42 – Constantes pour l'influence de la température sur les résistances 172
Tableau 43 – Facteur π_T pour les résistances 173
Tableau 44 – Inductances, transformateurs et bobines 173
Tableau 45 – Constantes pour l'influence de la température sur les inductances, transformateurs et bobines 174
Tableau 46 – Facteur π_T pour les inductances, transformateurs et bobines 174
Tableau 47 – Dispositifs pour hyperfréquences 175
Tableau 48 – Autres composants passifs 176
Tableau 49 – Connexions électriques 176
Tableau 50 – Connecteurs et supports 177
Tableau 51 – Relais 177
Tableau 52 – Facteur π_{ES} pour les relais à faible courant 179
Tableau 53 – Facteur π_{ES} pour relais d'usage général 179
Tableau 54 – Facteur π_{ES} pour les relais pour l'automobile 179
Tableau 55 – Constantes pour l'influence de la température sur les relais 180
Tableau 56 – Facteur π_T pour les relais 180
Tableau 57 – Commutateurs et boutons-poussoirs 180
Tableau 58 – Facteur π_{ES} pour les commutateurs et boutons poussoirs pour faibles contraintes électriques 181
Tableau 59 – Facteur π_{ES} pour les commutateurs et boutons poussoirs pour contraintes électriques plus élevées 182
Tableau 60 – Lampes de signalisation et lampes témoins 182
Tableau 61 – Facteur π_U pour les lampes de signalisation et les lampes témoins 183
Tableau A.1 – Modes de défaillances: Circuits intégrés (numériques) 184
Tableau A.2 – Modes de défaillances: transistors, diodes, optocoupleurs 185
Tableau A.3 – Modes de défaillances: diodes électroluminescentes (LED) 185
Tableau A.4 – Modes de défaillances: diodes laser et modules 185
Tableau A.5 – Modes de défaillances: modules de photodiodes et de récepteurs 186
Tableau A.6 – Modes de défaillances: condensateurs 186
Tableau A.7 – Modes de défaillances: résistances, appareils inductifs, relais 187
Tableau B.1 – Résistance thermique en fonction du type de boîtier, du numéro de broche et du facteur de circulation d'air 191
Tableau B.2 – Valeurs typiques de v et K 191
Tableau B.3 – Valeurs de P_{DC} et P_f 192
Tableau E.1 – Limitations de la durée de vie des commutateurs et claviers 214
Tableau F.1 – Mécanismes de défaillance des circuits intégrés 216
Tableau G.1 – Éléments d'une base de données pour la prévision de fiabilité 224
Tableau H.1 – Résultat du calcul pour les transistors communs à basse fréquence 228

Tableau H.2 – Sources de données de fiabilité (par ordre alphabétique)..... 228
Tableau I.1 – Arbre de classification (IEC 61360-4) 232

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

COMPOSANTS ÉLECTRIQUES – FIABILITÉ – CONDITIONS DE RÉFÉRENCE POUR LES TAUX DE DÉFAILLANCE ET MODÈLES DE CONTRAINTES POUR LA CONVERSION

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 61709 a été établie par le comité d'études 56 de l'IEC: Sûreté de fonctionnement.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, parue en 2011. Cette édition constitue une révision technique. Cette troisième édition constitue une fusion entre l'IEC 61709:2011 et l'IEC TR 62380:2004.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) ajout de 4.5 Choix des composants, 4.6 Croissance de la fiabilité pendant la phase de déploiement du nouvel équipement, 4.7 Méthode d'utilisation du présent document et de l'Article 19 Circuits imprimés (PCB) et de l' Article 20 Circuits hybrides par rapport à l'IEC TR 62380;

b) ajout des modes de défaillance des composants à l'Annexe A;

c) modification de l'Annexe B, Modèle thermique pour semiconducteurs, adoptée de l'IEC TR 62380 et révisée;

d) modification de l'Annexe D, Considérations sur le profil de mission;

e) modification de l'Annexe E, Modèles de durée de vie, adoptée de l'IEC TR 62380 et révisée;

f) révision de l'Annexe F (ancien Paragraphe B.2.6.4), Physique de défaillance;

g) ajout de l'Annexe G (ancienne Annexe C), Considérations sur la conception d'une base de données de taux de défaillance, complétée par des parties de l'IEC 60319;

h) Ajout de l'Annexe H, Sources potentielles de données de taux de défaillance et méthodes de sélection;

i) Ajout de l'Annexe J, Présentation des données de fiabilité des composants, d'après l'IEC 60319.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/1714/FDIS	56/1721/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

INTRODUCTION

Le présent document est destiné aux prévisions de fiabilité des composants électriques utilisés dans les équipements et s'adresse aux organismes qui disposent de leurs propres données. Il décrit par ailleurs les méthodes pour établir et utiliser ces données afin de réaliser des prévisions de fiabilité.

Le présent document peut également permettre à un organisme d'établir une base de données de taux de défaillance et de décrire les conditions de référence pour lesquelles il convient d'établir des taux de défaillance en exploitation. Les conditions de référence adoptées dans le présent document sont typiques de la plupart des applications de composants dans des équipements. Toutefois, lorsque les composants sont utilisés dans d'autres conditions, les utilisateurs peuvent vouloir déclarer ces conditions comme leurs conditions de référence.

L'application des modèles de contraintes présentés permet d'extrapoler les taux de défaillance des conditions de référence à d'autres conditions de fonctionnement qui, à leur tour, permettent de prévoir les taux de défaillance à l'étape de la fabrication. Ceci permet d'estimer l'effet des modifications de conception ou des changements observés dans les conditions d'environnement sur la fiabilité des composants. La prévision de fiabilité se révèle très utile dans la première phase de conception des matériels. Elle peut servir, par exemple, à mettre en évidence de possibles défauts de fiabilité, à mettre au point les principes de logistique de maintenance et à évaluer des conceptions.

Les modèles de contraintes exposés dans le présent document sont génériques et aussi simples que possible, tout en pouvant toujours être comparés aux équations plus complexes propres à d'autres modèles. Les prévisions générées à l’aide du présent document affichent un niveau d'exactitude élevé.

Le présent document ne présente pas de taux de défaillance, mais décrit les méthodes qui permettent de les établir et de les utiliser. Cette approche permet à un utilisateur de choisir les taux de défaillance les plus appropriés et actualisés à partir desquels il peut établir des prévisions à partir d'une source de son choix. Le présent document apporte également des informations sur la méthode de sélection des données pouvant être utilisées dans les modèles présentés.

Il est fait l'hypothèse que les taux de défaillance envisagés dans le présent document sont constants, soit pendant une période de fonctionnement illimitée (cas général), soit pendant des périodes limitées. La limitation de la vie est appelée durée de vie utile et s'applique uniquement à certaines familles de composants qui atteignent la période de défaillance par usure (au cours de laquelle le taux de défaillance augmente) pendant la période normale d'utilisation. Par conséquent, il est fait l'hypothèse que pendant la durée de vie, le taux de défaillance peut être considéré comme constant pour une utilisation pratique quelconque.

Pour les besoins du présent document, le terme composant électrique inclut les termes "composant électronique", "composant électrique" et "composant électromécanique" couramment utilisés.

COMPOSANTS ÉLECTRIQUES – FIABILITÉ – CONDITIONS DE RÉFÉRENCE POUR LES TAUX DE DÉFAILLANCE ET MODÈLES DE CONTRAINTES POUR LA CONVERSION

1 Domaine d'application

Le présent document donne des recommandations concernant l'utilisation des données de taux de défaillance pour les prévisions de fiabilité de composants électriques utilisés dans les équipements.

La méthode exposée dans le présent document utilise le concept des conditions de référence, qui sont les valeurs typiques des contraintes observées sur les composants dans la plupart des applications.

Les conditions de référence sont utiles dans la mesure où elles fournissent une base normalisée connue à partir de laquelle les taux de défaillance peuvent être modifiés afin de prendre en compte les différences observées dans l'environnement en fonction des environnements pris comme conditions de référence. Chaque utilisateur peut appliquer les conditions de référence définies dans le présent document ou bien appliquer ses propres conditions de référence. Lorsque les taux de défaillance indiqués dans les conditions de référence sont utilisés, cela permet de réaliser des prévisions de fiabilité réalistes dès la première phase de conception.

Les modèles de contraintes décrits dans le présent document sont génériques et peuvent être utilisés comme base de conversion des données de taux de défaillance dans ces conditions de référence, dans des conditions de fonctionnement réelles si nécessaire, ce qui simplifie l'approche prévisionnelle. La conversion des données de taux de défaillance n'est possible que dans les limites de fonctionnement spécifiées pour les composants.

Le présent document donne également des recommandations concernant les méthodes pour constituer une base de données de taux de défaillance des composants afin que les taux fournis puissent être employés avec les modèles de contraintes fournis. Les conditions de référence pour les données de taux de défaillance sont définies, de façon à permettre de comparer, dans des conditions uniformes, des données d'origines différentes. Si les données de taux de défaillance sont fournies conformément au présent document, il est possible de se dispenser d'information supplémentaire sur les conditions définies

Le présent document ne fournit pas des taux de défaillance de base pour les composants; elle fournit en revanche des modèles qui permettent de convertir les taux de défaillance obtenus par d'autres moyens d’une condition de fonctionnement à l’autre.

La méthodologie de prévision décrite dans le présent document pose comme hypothèse l'utilisation des éléments au cours de leur durée de vie. Les méthodes décrites dans le présent document ont une application générale, mais s’appliquent spécifiquement à une sélection de types de composants définis de l’Article 6 à l’Article 20 et en I.2.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l’édition citée s’applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-192:2015, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 192: Sûreté de fonctionnement*