



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods –
Part 43: Guidelines for IC reliability qualification plans**

**Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques –
Partie 43: Lignes directrices concernant les plans de qualification de la fiabilité
des CI**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.080.01

ISBN 978-2-8322-4471-5

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Product categories and applications	8
5 Failure.....	9
5.1 Failure distribution	9
5.2 Early failure	10
5.2.1 Description	10
5.2.2 Early failure rate	11
5.2.3 Screening	14
5.3 Random failure	17
5.3.1 Description	17
5.3.2 Mean failure rate	17
5.4 Wear-out failure	20
5.4.1 Description	20
5.4.2 Wear-out failure rate.....	20
6 Reliability test.....	23
6.1 Reliability test description	23
6.2 Reliability test plan	23
6.2.1 Procedures for creating a reliability test plan	23
6.2.2 Estimation of the test time required to confirm the TDDB from the number of test samples	26
6.2.3 Estimation of the number of samples required to confirm the TDDB from the test time.....	27
6.3 Reliability test methods.....	28
6.4 Acceleration models for reliability tests	31
6.4.1 Arrhenius model	31
6.4.2 V-model:.....	32
6.4.3 Absolute water vapor pressure model	32
6.4.4 Coffin-Manson model.....	32
7 Stress test methods.....	32
8 Supplementary tests	33
9 Summary table of assumptions	34
10 Summary	36
Bibliography.....	37
Figure 1 – Bathtub curve.....	10
Figure 2 – Failure process of IC manufacturing lots during the early failure period.....	11
Figure 3 – Weibull conceptual diagram of the early failure rate	12
Figure 4 – Example of a failure ratio: α (in hundreds) and the number of failures for CL of 60 %.....	14
Figure 5 – Screening and estimated early fail rate in Weibull diagram.....	15
Figure 6 – Bathtub curve setting the point immediately after production as the origin.....	16

Figure 7 – Bathtub curve setting the point after screening as the origin.....	17
Figure 8 – Conceptual diagram of calculation method for the mean failure rate from the exponential distribution	18
Figure 9 – Conceptual diagram of calculation method for the mean failure rate as an extension of early failure.....	19
Figure 10 – Conceptual diagram of the wear-out failure	21
Figure 11 – Conceptual diagram describing the concept of the acceleration test.....	21
Figure 12 – Concept of the reliability test in a Weibull diagram (based on sample size)	25
Figure 13 – Concept of the reliability test in a Weibull diagram (based on test time)	28
Figure 14 – Difference in sampling sizes according to the m value (image)	29
Table 1 – Examples of product categories.....	9
Table 2 – Cumulative failure probability 0,1 % over 10 years [$\times 10^{-6}$] for the third, fifth and seventh years	25
Table 3 – Major reliability (life) test methods and purposes	30
Table 4 – Examples of the number of test samples and the test time in typical reliability (life) test methods	31
Table 5 – LTPD sampling table for acceptance number $A_c = 0$	33
Table 6 – Major reliability (strength) test methods and purposes	33
Table 7 – Supplementary tests.....	34
Table 8 – Accelerating factors, calculation formulae and numerical values ^a	35

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS –

Part 43: Guidelines for IC reliability qualification plans

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 60749-43 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47/2389/FDIS	47/2406/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 60749 series, published under the general title *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods*, can be found on the IEC website.

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

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

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 provides guidelines for semiconductor IC vendors in the preparation of detailed reliability test plans for device qualification. Such plans are intended to be prepared before commencing qualification tests and after consultation with the user of their semiconductor integrated circuit product.

The guideline gives some examples for creating reliability qualification test plans to determine appropriate reliability test conditions based on the quality standards demanded in use conditions for each application of semiconductor integrated circuits. Categories are set for automotive applications and for general applications as a target of reliability. The grade for automotive use is further classified into two grades according to applications. The guideline assumes annual operating hours, useful life, etc. for each grade, and defines the verification methods for early failure rate and wear-out failure to propose appropriate reliability tests, and at the same time, presents concepts to properly ensure the quality of semiconductor integrated circuits using screening techniques which are designed to reduce the early failure rate.

Note that the test conditions and the values of acceleration factors presented in this guideline are shown to provide examples of calculations for obtaining reliability test conditions in order to verify the required quality standards, and are not designed to define the standards to ensure reliability of semiconductor integrated circuits.

NOTE Qualification tests are tests in which the semiconductor vendor takes account of the reliability required by its product users.

SEMICONDUCTOR DEVICES – MECHANICAL AND CLIMATIC TEST METHODS

Part 43: Guidelines for IC reliability qualification plans

1 Scope

This part of IEC 60749 gives guidelines for reliability qualification plans of semiconductor integrated circuit products (ICs). This document is not intended for military- and space-related applications.

NOTE 1 The manufacturer can use flexible sample sizes to reduce cost and maintain reasonable reliability by this guideline adaptation based on EDR-4708, AEC Q100, JESD47 or other relevant document can also be applicable if it is specified.

NOTE 2 The Weibull distribution method used in this document is one of several methods to calculate the appropriate sample size and test conditions of a given reliability project.

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 60749-5, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 5: Steady-state temperature humidity bias life test*

IEC 60749-6, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 6: Storage at high temperature*

IEC 60749-15, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 15: Resistance to soldering temperature for through-hole mounted devices*

IEC 60749-20, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 20: Resistance of plastic encapsulated SMDs to the combined effect of moisture and soldering heat*

IEC 60749-21, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 21: Solderability*

IEC 60749-23, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 23: High temperature operating life*

IEC 60749-25, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 25: Temperature cycling*

IEC 60749-26, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Human body model (HBM)*

IEC 60749-28, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – Device level*

IEC 60749-29, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 29: Latch-up test*

IEC 60749-42, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 42: Temperature and humidity storage*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	40
INTRODUCTION.....	42
1 Domaine d'application	43
2 Références normatives	43
3 Termes et définitions	44
4 Catégories de produits et applications	44
5 Défaillance	45
5.1 Distribution des défaillances	45
5.2 Défaillance précoce	46
5.2.1 Description	46
5.2.2 Taux de défaillance précoce	48
5.2.3 Dépistage	51
5.3 Défaillance aléatoire	53
5.3.1 Description	53
5.3.2 Taux moyen de défaillance	54
5.4 Défaillance par usure	57
5.4.1 Description	57
5.4.2 Taux de défaillance par usure	57
6 Essai de fiabilité	60
6.1 Description	60
6.2 Plan d'essai de fiabilité	61
6.2.1 Modes opératoires pour la création d'un plan d'essai de fiabilité.....	61
6.2.2 Estimation de la durée d'essai exigée pour confirmer le TDDB à partir du nombre d'échantillons	63
6.2.3 Estimation du nombre d'échantillons exigé pour confirmer le TDDB à partir de la durée d'essai	64
6.3 Méthodes d'essai de fiabilité	65
6.4 Modèles d'accélération pour les essais de fiabilité	69
6.4.1 Modèle d'Arrhenius	69
6.4.2 Modèle V:	69
6.4.3 Modèle de pression de vapeur d'eau absolue	69
6.4.4 Modèle de Coffin-Manson	69
7 Méthodes d'essai sous contrainte	69
8 Essais supplémentaires	71
9 Tableau récapitulatif des hypothèses	72
10 Résumé	73
Bibliographie.....	74
Figure 1 – Courbe en baignoire.....	46
Figure 2 – Procédé d'identification des défaillances sur les lots de fabrication de CI au cours de la période de défaillance précoce	47
Figure 3 – Graphique de Weibull représentant le concept du taux de défaillance précoce.....	48
Figure 4 – Exemple d'un rapport de taux de défaillance α (en centaines) en fonction du nombre de défaillances pour un CL de 60 %	50

Figure 5 – Dépistage et taux estimé de défaillance précoce sur le graphique de Weibull	52
Figure 6 – Courbe en baignoire prenant comme origine le point immédiatement après la production.....	53
Figure 7 – Courbe en baignoire prenant comme origine le point après dépistage	53
Figure 8 – Modèle conceptuel de la méthode de calcul du taux moyen de défaillance à partir de la distribution exponentielle.....	55
Figure 9 – Modèle conceptuel de la méthode de calcul du taux moyen de défaillance en tant qu’extension de la défaillance précoce	56
Figure 10 – Modèle conceptuel de la défaillance par usure	58
Figure 11 – Modèle conceptuel décrivant le concept de l’essai d’accélération	58
Figure 12 – Modèle conceptuel de l’essai de fiabilité sur un diagramme de Weibull (basé sur la taille d’échantillon)	62
Figure 13 – Concept de l’essai de fiabilité sur un diagramme de Weibull (basé sur la durée d’essai)	65
Figure 14 – Différence de tailles d’échantillonnage en fonction de la valeur m (image).....	66
Tableau 1 – Exemples de catégories de produits	45
Tableau 2 – Probabilité de défaillance cumulée à 0,1 % sur 10 ans [$\times 10^{-6}$] pour les 3 ^e , 5 ^e et 7 ^e années	63
Tableau 3 – Principales méthodes d’essai de fiabilité (durée de vie) et objectifs visés	67
Tableau 4 – Exemples du nombre d’échantillons et de la durée d’essai avec des méthodes types de l’essai de fiabilité (durée de vie)	68
Tableau 5 – Echantillonnage en fonction du LTPD avec nombre d’acceptation $A_c = 0$	70
Tableau 6 – Principales méthodes d’essai de fiabilité (résistance) et objectifs visés	71
Tableau 7 – Essais supplémentaires	71
Tableau 8 – Facteurs d’accélération, formules de calcul et valeurs numériques ^a	72

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODES D'ESSAIS MÉCANIQUES ET CLIMATIQUES –

Partie 43: Lignes directrices concernant les plans de qualification de la fiabilité des CI

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.

La Norme internationale IEC 60749-43 a été établie par le comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

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

FDIS	Rapport de vote
47/2389/FDIS	47/2406/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.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60749, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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 donne aux fournisseurs de CI à semiconducteurs des lignes directrices pour la préparation de plans d'essais de fiabilité détaillés concernant la qualification des dispositifs. De tels plans sont destinés à être préparés avant le début des essais de qualification et après consultation de l'utilisateur de leur produit de circuit intégré à semiconducteurs.

Les lignes directrices donnent plusieurs exemples de création de plans d'essais de qualification de fiabilité pour déterminer les conditions adaptées aux essais de fiabilité et basées sur les normes de qualité exigées en conditions d'utilisation pour chaque application de circuits intégrés à semiconducteurs. Différentes catégories sont définies pour les applications automobiles et les applications générales en tant qu'objectifs de fiabilité. La catégorie Utilisation dans le secteur automobile est également scindée en deux sous-catégories qui varient en fonction des applications. Les lignes directrices prennent pour hypothèse des heures de fonctionnement annuelles, une durée de vie utile, etc., pour chaque catégorie, et définissent les méthodes de vérification du taux de défaillance précoce et de la défaillance par usure afin de proposer des essais de fiabilité appropriés et présentent, dans le même temps, des concepts visant à garantir la qualité des circuits intégrés à semiconducteurs en utilisant des techniques de dépistage conçues pour réduire le taux de défaillance précoce.

Il faut noter que les conditions d'essai et les valeurs des facteurs d'accélération présentées dans ces lignes directrices sont destinées à fournir des exemples de calcul permettant d'obtenir des conditions d'essai de fiabilité afin de vérifier les normes de qualité exigées, et ne sont pas conçues pour définir les normes visant à garantir la fiabilité des circuits intégrés à semiconducteurs.

NOTE Les essais de qualification sont des essais au cours desquels le fournisseur de semiconducteurs tient compte de la fiabilité exigée par les utilisateurs de ses produits.

DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – MÉTHODES D'ESSAIS MÉCANIQUES ET CLIMATIQUES

Partie 43: Lignes directrices concernant les plans de qualification de la fiabilité des CI

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60749 fournit des lignes directrices concernant les plans de qualification de la fiabilité des produits de circuits intégrés (CI) à semiconducteurs. Le présent document n'est pas destiné aux applications militaires et spatiales.

NOTE 1 Le fabricant peut utiliser des tailles d'échantillon flexibles afin de réduire les coûts tout en maintenant une fiabilité raisonnable par l'adaptation des présentes lignes directrices basées sur l'EDR-4708. S'ils sont spécifiés, les documents AEC Q100, JESD47 ou tout autre document pertinent peuvent également être applicables.

NOTE 2 La méthode de distribution de la loi de Weibull utilisée dans le présent document n'est qu'une méthode parmi d'autres permettant de calculer la taille d'échantillon et les conditions d'essai appropriées pour un projet d'essai de fiabilité donné.

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 60749-5, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 5: Essai continu de durée de vie sous température et humidité avec polarisation*

IEC 60749-6, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 6: Storage at high temperature* (disponible en anglais seulement)

IEC 60749-15, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 15: Résistance à la température de soudage pour dispositifs par trous traversants*

IEC 60749-20, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 20: Résistance des CMS à boîtier plastique à l'effet combiné de l'humidité et de la chaleur de brasage*

IEC 60749-21, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 21: Brasabilité*

IEC 60749-23, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 23: Durée de vie en fonctionnement à haute température*

IEC 60749-25, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 25: Cycles de température*

IEC 60749-26, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 26: Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) – Modèle du corps humain (HBM)*

IEC 60749-28, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Charged device model (CDM) – Device level*

IEC 60749-29, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 29: Essai de verrouillage*

IEC 60749-42, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 42: Stockage de température et d'humidité*