

TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**EMC IC modelling –
Part 1: General modelling framework**

**Modèles de circuits intégrés pour la CEM –
Partie 1: Cadre de modèle général**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



TECHNICAL SPECIFICATION

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**EMC IC modelling –
Part 1: General modelling framework**

**Modèles de circuits intégrés pour la CEM –
Partie 1: Cadre de modèle général**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 31.200

ISBN 978-2-88912-473-2

CONTENTS

1	Scope.....	6
2	Normative references	6
3	Terms and definitions	6
4	Definition of models.....	7
4.1	General.....	7
4.2	Conducted emission model.....	7
4.3	Radiated emission model	7
4.4	Conducted immunity model	7
4.5	Radiated immunity model	8
5	Modelling approaches.....	8
5.1	General.....	8
5.2	Black box modelling approach	8
5.3	Equivalent circuit modelling approach	9
5.4	Other modelling approaches.....	9
5.4.1	Electromagnetic modelling approach	9
5.4.2	Statistical modelling approach	9
6	Requirements of model description.....	9
	Annex A (normative) Requirements for EMC IC models	11
	Table A.1 – Requirements for model description	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EMC IC MODELLING –**Part 1: General modelling framework**

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.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical specification when

- the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts, or
- the subject is still under technical development or where, for any other reason, there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard.

Technical specifications are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards.

IEC 62433-1, which is a technical specification, has been prepared by subcommittee 47A: Integrated circuits, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

Enquiry draft	Report on voting
47A/840/DTS	47A/850A/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical specification 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.

A list of all parts of the IEC 62433 series, under the general title *EMC IC modelling*, can be found on the IEC website.

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

- transformed into an International standard,
- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

The International Standards of IEC 62433 series provide specifications for EMC IC modelling. EMC IC model is the model of integrated circuits for electro-magnetic compatibility.

IC models that are built in conformity with these International Standards can be applied to simulations for EMC and/or evaluations of EMI (electro-magnetic interference) as well as EMS (electro-magnetic susceptibility) of electronic systems.

EMC IC MODELLING –

Part 1: General modelling framework

1 Scope

This part of the IEC 62433 series provides specifications for model-categories of EMC IC modelling, definitions of terms that are commonly used in IEC 62433 series, modelling approaches that can be used, and requirements for each modelling that is standardized in this series.

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 60050-131, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Circuit theory*

IEC 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-131, IEC 60050-161 and the following apply.

3.1 reference node

node of a network where the voltages of other nodes, which belong to the network, are determined by reference to the node

NOTE In many cases the voltage of the reference node is set as zero for descriptive purposes.

3.2 reference terminal

terminal of a circuit block where the voltages of other terminals, which belong to the block, are determined by reference to the terminal

3.3 internal activity IA

component of an IC model represented by a current or voltage source, which originates in activity of active devices in an IC or in a portion of the IC

NOTE IA is applicable for both analogue and digital circuitry.

3.4 passive distribution network PDN

component of an IC model that represents the characteristics of propagation path of electromagnetic noises such as power distribution network

3.5 inter-block coupling IBC

network of passive elements that presents a coupling effect between circuit blocks

4 Definition of models

4.1 General

Four EMC IC models presented in IEC 62433 series are defined in 4.2 through 4.5.

These models can be used for

- device-to-device comparison,
- risk assessment for the disturbance among devices involved in multi-chip technology (such as MCM, SiP), and
- evaluation of the coupling between a device and PCB tracks.

4.2 Conducted emission model

A conducted emission (CE) model is a macro-model which describes an Integrated Circuit (IC) or multiple dies in a package or module (System in Package, SiP) as a source of conducted RF disturbances.

The CE model shall be described as a multi-terminal or a multi-port circuit which can be linear or nonlinear. Each CE model consists of internal activities (IAs) as noise sources and passive distribution networks (PDNs) which express characteristics of internal circuits in a form of a black box and/or an equivalent circuit. The model can include sub-models of inter-block coupling (IBC) if needed.

The model describes RF disturbances at external terminals of an IC as voltage and/or current which are generated by its internal operations.

4.3 Radiated emission model

A radiated emission (RE) model is a macro-model which describes radiated RF disturbances generated by an integrated circuit (IC) or multiple dies in a package or module (System in Package, SiP).

The RE model shall be described as equivalent sources of electric or magnetic fields, which cause near-field coupling or far-field radiation, or an equivalent circuit which express electric or magnetic coupling between the IC or dies and external circuits or enclosures.

4.4 Conducted immunity model

A conducted immunity (CI) model is a macro-model which describes an Integrated Circuit (IC) or multiple dies in a package or module (System in Package, SiP) as a victim of conducted RF disturbances applied from outside.

The CI model shall be described as a multi-terminal or a multi-port circuit in a form of a black box and/or an equivalent circuit which may be linear or nonlinear.

The CI model provides measures or criteria of malfunctions caused by RF disturbances injected at external terminals as voltage, current, or RF power.

4.5 Radiated immunity model

A radiated immunity (RI) model is a macro-model which describes an Integrated Circuit (IC) or multiple dies in a package or module (System in Package, SiP) as a victim of radiated RF disturbances from outside.

The RI model is described as equivalent circuits which can express electric or magnetic coupling between the IC or dies and external circuits or enclosures.

The RI model provides measures or criteria of malfunctions caused by RF disturbances applied as electric or magnetic fields in near-field or electromagnetic field.

5 Modelling approaches

5.1 General

Description of an EMC IC model, such as equivalent circuit parameters, can be derived from design data of the device, or extracted from data obtained by measurement. Each of the models shall contain information of an internal integrated circuit (IC) or multiple dies as well as that of a package.

The conducted emission (CE) or conducted immunity (CI) model can be expressed in either a form of a black box model, or an equivalent circuit model. The model shall be expressed with a circuit concept including terminals and/or nodes.

The radiated emission (RE) or radiated immunity (RI) model can be expressed with either an electromagnetic model or an equivalent circuit model. The electromagnetic RE model expresses near field or far field which causes electromagnetic interference (EMI). The electromagnetic RI model expresses electromagnetic coupling induced in the device. The equivalent circuit model for RE/RI describes electric or magnetic coupling with capacitive or inductive circuit elements. The equivalent circuit model for RE/RI may include a black-box model as a sub-model.

The following sub-clauses describe modelling approach for possible expressions of each model. Some of the expressions can be combined and used in one model.

5.2 Black box modelling approach

The expression of a black box model is essentially an N-port circuit, whose characteristics are expressed in a matrix form or with some circuit equations. When a black box model is used to express a CE or RE model, some voltage and/or current sources are connected to the black box as noise sources to express internal activities (IAs). The following matrix expressions are available for black-box models.

For a linear circuit, or a circuit which can be approximated as linear, the following matrices can be used; these matrices are the functions of frequency and time-variant, disregarding non-linear elements.

- impedance (Z) matrix
- admittance (Y) matrix
- fundamental (F) matrix
- scattering (S) matrix

Elements of these matrices can be expressed with formulas with some parameters, or tables which provide frequency characteristics of the circuit.

In the definition of a model, internal terminals/ports and external terminals/ports shall be clearly defined and noted as prerequisite information for the matrices.

Characteristics of a distributed constant circuit, such as transmission lines, can be expressed with a scattering (S) matrix as a multi-port circuit. For these circuits, definition of ports and their locations shall be described with port impedance for each. Particularly when a differential port is used, it is desirable to define a common-mode port as a counterpart of a differential signal port.

5.3 Equivalent circuit modelling approach

Equivalent circuit models, both lumped element circuits and distributed constant circuits, can be used to express electrical characteristics of CE/CI and RE/RI models. In the circuit expression, non-linear circuits can be included as well as linear circuits.

A linear circuit which is described with a black box model, or a matrix model, may be converted to an equivalent circuit model. Particularly when a model is constructed by measurement, characteristics of the circuit are first expressed in a matrix form, and then converted to an equivalent circuit.

Some of non-linear characteristics of a device can be obtained by measurement, and can be included in an equivalent circuit model. Additionally, model simplification is possible using a complex circuit model and generating information of the circuit by simulation.

In the description of a model which can be determined by measurement or simulation, the method of model parameter extraction shall be described in each part of this series of standard. An equivalent circuit model of a particular device shall contain all the information of the circuit structure, values of circuit parameters, and its applicable conditions.

5.4 Other modelling approaches

Other modelling approaches are possible to obtain an EMC IC macro-model. The followings are possible approaches.

5.4.1 Electromagnetic modelling approach

Distribution of sources of electromagnetic fields can be used as a radiated emission (RE) model. Possible sources are as follows.

- Electric current distribution
- (Virtual) magnetic current distribution
- Electric charge distribution
- Electrical and/or magnetic scalar and/or vector potentials
- (To be defined)

5.4.2 Statistical modelling approach

Some of the electromagnetic interferences in digital systems are evaluated statistically. Particularly, performance degradation of wireless digital communication systems has strong correlation to statistical characteristics of radiated emission. A statistical model such as below is one possible model.

- amplitude probability distribution (APD).

6 Requirements of model description

It is necessary to provide the following information with IC model (see Annex A).

- IC information for modelling IC name, package, pin arrangement etc.
- Model specification
- Modelling condition
- Applicable range and applicable operational mode.

Annex A (normative)

Requirements for EMC IC models

This annex shows requisite information with the model provision. Provide information for the cell marked with "o" in Table A.1. The supplier and the user must confer when there is a necessary parameter excluding Table A.1.

Table A.1 – Requirements for model description

Element	Description	Model category				
		CE	CI	RE	RI	
Header	Model name and model version	o	o	o	o	
	Release date	o	o	o	o	
	Model supplier	o	o	o	o	
	IC name	o	o	o	o	
	Package information	Package type	o	o	o	o
		Number of pins	o	o	o	o
		Pin arrangement	o	o	o	o
Model specification	Model category (CE, CI, RE or RI)	o	o	o	o	
	Modelling approach	o	o	o	o	
	Modelling domain ("time" or "frequency")	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
	Model hierarchy structure	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
	IC external terminals	Names of pins	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a
		Positions of pins	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a
	Names of internal terminals	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
Modelling condition	Modelling procedure ("using design data" or "from measurements")	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
	Operational mode or test vector	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
	PCB design (from measurements) and circuit diagram	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
	Temperature	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
	Power supply voltages	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
	Measured data	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
	Applicable range	Frequency range	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a
Power supply voltage range		o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
Temperature range		o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
Operating frequency range		o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
Output loads range		o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
Worst case in applicable ranges		o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
Applicable operational mode	Operational mode	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	
Restriction	Restrictions of application, if any (I/O port setting, etc)	o	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	T.B.D. ^a	

^a To be defined in future documents.

SOMMAIRE

1	Domaine d'application	16
2	Références normatives	16
3	Termes et définitions	16
4	Définition des modèles	17
4.1	Généralités.....	17
4.2	Modèle d'émissions conduites	17
4.3	Modèle d'émissions rayonnées.....	17
4.4	Modèle d'immunité conduite	18
4.5	Modèle d'immunité rayonnée.....	18
5	Approches pour la modélisation.....	18
5.1	Généralités.....	18
5.2	Approche par le modèle de la boîte noire	19
5.3	Approche par le modèle du circuit équivalent	19
5.4	Autres approches pour la modélisation	20
5.4.1	Approche par le modèle électromagnétique	20
5.4.2	Approche par le modèle statistique.....	20
6	Exigences relatives à la description des modèles	20
Annexe A (normative) Exigences relatives aux modèles de circuits intégrés pour la CEM		21
Tableau A.1 – Exigences relatives à la description des modèles		21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MODÈLES DE CIRCUITS INTÉGRÉS POUR LA CEM –

Partie 1: Cadre de modèle général

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'une spécification technique

- lorsqu'en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale, ou
- lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou quand, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat.

Les spécifications techniques font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales.

La CEI 62433-1, qui est une Spécification Technique, a été établie par le sous-comité 47A: Circuits intégrés, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 47A/840/CDV et 47A/850A/RVC. Le rapport de vote 47A/850A/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62433, regroupées sous le titre général *Modèles de circuits intégrés pour la CEM*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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 la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- transformée en Norme internationale,
- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

Les Normes internationales de la série CEI 62433 fournissent des spécifications relatives aux modèles de circuits intégrés pour la CEM. Un modèle de circuit intégré pour la CEM désigne un modèle de circuit intégré pour la compatibilité électromagnétique.

Les modèles de circuits intégrés qui sont construits conformément à ces Normes internationales peuvent être utilisés pour des simulations de CEM et/ou pour les évaluations des brouillages électromagnétiques (EMI¹), ainsi que de la susceptibilité électromagnétique (EMS²) des systèmes électroniques.

¹ EMI = *Electro-Magnetic Interference*.

² EMS = *Electro-Magnetic Susceptibility*.

MODÈLES DE CIRCUITS INTÉGRÉS POUR LA CEM –

Partie 1: Cadre de modèle général

1 Domaine d'application

La présente partie de la série CEI 62433 fournit des spécifications relatives aux catégories de modèles de circuits intégrés pour la CEM, des définitions des termes couramment utilisés dans la série CEI 62433, des approches pouvant être utilisées pour la modélisation, et des exigences relatives à chaque modèle normalisé dans cette série.

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).

CEI 60050-131, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 131: Théorie des circuits*

CEI 60050-161, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 16: Compatibilité électromagnétique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de la CEI 60050-131, de la CEI 60050-161, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1

nœud de référence

nœud d'un réseau où les tensions des autres nœuds, qui appartiennent au réseau, sont déterminées par référence au nœud

NOTE Dans de nombreux cas, la tension du nœud de référence est réglée sur zéro, à des fins de description.

3.2

borne de référence

borne d'un bloc de circuit où les tensions des autres bornes, qui appartiennent au bloc, sont déterminées par référence à la borne

3.3

activité interne

IA³

composant d'un modèle de circuit intégré représenté par une source de courant ou de tension, provenant de l'activité des dispositifs actifs dans un circuit intégré ou dans une partie du circuit intégré

NOTE Le composant est applicable à la fois aux circuits analogiques et numériques.

³ IA = *Internal Activity*.

3.4

réseau de distribution passif

PDN⁴

composant d'un modèle de circuit intégré représentant les caractéristiques du trajet de propagation des bruits électromagnétiques, comme par exemple un réseau de distribution de puissance

3.5

couplage inter-blocs

IBC⁵

réseau d'éléments passifs qui présente un effet de couplage entre les blocs de circuits

4 Définition des modèles

4.1 Généralités

Quatre modèles de circuits intégrés pour la CEM figurant dans cette série CEI 62433 sont définis du 4.2 au 4.5.

Ces modèles peuvent être utilisés pour

- une comparaison entre dispositifs,
- l'évaluation du risque lié à la perturbation parmi les dispositifs concernés dans la technologie multipuce (telle que MCM, SiP), et
- l'évaluation du couplage entre un dispositif et des pistes de circuits imprimés.

4.2 Modèle d'émissions conduites

Un modèle d'émissions conduites (CE⁶) est un macro-modèle qui décrit un circuit intégré (CI) ou des puces multiples dans un boîtier ou un module (système dans un boîtier, SiP⁷) comme une source de perturbations radioélectriques conduites.

Un modèle d'émissions conduites doit être décrit comme un circuit à plusieurs bornes ou à plusieurs ports pouvant être linéaire ou non linéaire. Chaque modèle d'émissions conduites se compose d'activités internes (IA) comme des sources de bruit, et de réseaux de distribution passifs (PDN), qui expriment les caractéristiques des circuits internes sous la forme d'une boîte noire et/ou d'un circuit équivalent. Le modèle peut comprendre des sous-modèles de couplage inter-blocs (IBC) si nécessaire.

Le modèle décrit les perturbations radioélectriques au niveau des bornes externes d'un circuit intégré comme la tension et/ou le courant qui sont générés par son fonctionnement interne.

4.3 Modèle d'émissions rayonnées

Un modèle d'émissions rayonnées (RE⁸) est un macro-modèle qui décrit les perturbations radioélectriques rayonnées générées par un circuit intégré (CI) ou par des puces multiples dans un boîtier ou un module (système dans un boîtier, SiP).

Un modèle d'émissions rayonnées doit être décrit comme des sources équivalentes de champs électriques ou magnétiques, qui provoquent un couplage en champ proche ou un

4 PDN = *Passive Distribution Network*.

5 IBC = *Inter-Block Coupling*.

6 CE = *Conducted Emission*.

7 SiP = *System in Package*.

8 RE = *Radiated Emission*.

rayonnement en champ lointain, ou encore un circuit équivalent qui exprime un couplage électrique ou magnétique entre le circuit intégré ou les puces et les circuits ou enveloppes externes.

4.4 Modèle d'immunité conduite

Un modèle d'immunité conduite (CI⁹) est un macro-modèle qui décrit un circuit intégré (IC¹⁰) ou des puces multiples dans un boîtier ou un module (système dans un boîtier, SiP) comme une victime des perturbations radioélectriques conduites appliquées depuis l'extérieur.

Un modèle d'immunité conduite doit être décrit comme un circuit à plusieurs bornes ou à plusieurs ports sous la forme d'une boîte noire et/ou d'un circuit équivalent, pouvant être linéaire ou non linéaire.

Un modèle d'immunité conduite fournit des mesures ou des critères de dysfonctionnements provoqués par les perturbations radioélectriques injectées au niveau des bornes externes, comme la tension, le courant ou la puissance radioélectrique.

4.5 Modèle d'immunité rayonnée

Un modèle d'immunité rayonnée (RI¹¹) est un macro-modèle qui décrit un circuit intégré (IC) ou des puces multiples dans un boîtier ou un module (système dans un boîtier, SiP) comme une victime des perturbations radioélectriques rayonnées appliquées depuis l'extérieur.

Un modèle d'immunité rayonnée est décrit comme des circuits équivalents qui peuvent exprimer un couplage électrique ou magnétique entre le circuit intégré ou les puces et les circuits ou enveloppes externes.

Un modèle d'immunité rayonnée fournit des mesures ou des critères de dysfonctionnements provoqués par les perturbations radioélectriques appliquées comme des champs électriques ou magnétiques dans un champ proche ou un champ électromagnétique.

5 Approches pour la modélisation

5.1 Généralités

La description d'un modèle de circuit intégré pour la CEM, par exemple des paramètres de circuit équivalent, peut être déduite à partir des données de conception du dispositif, ou extraite des données obtenues par mesure. Chacun des modèles doit contenir des informations sur un circuit intégré (IC) interne ou des puces multiples, ainsi que sur le boîtier.

Le modèle d'émissions conduites (CE) ou d'immunité conduite (CI) peut être exprimé soit sous la forme d'un modèle de boîte noire, soit sous la forme d'un modèle de circuit équivalent. Le modèle doit être exprimé par un concept de circuit comprenant des bornes et/ou des nœuds.

Un modèle d'émissions rayonnées (RE) ou d'immunité rayonnée (RI) peut être exprimé soit par un modèle électromagnétique, soit par un modèle de circuit équivalent. Un modèle électromagnétique d'émissions rayonnées (RE) exprime un champ proche ou un champ lointain qui provoque des brouillages électromagnétiques (EMI). Le modèle électromagnétique d'immunité rayonnée (RI) exprime un couplage électromagnétique induit dans le dispositif. Le modèle de circuit équivalent pour les émissions rayonnées / l'immunité rayonnée décrit un couplage électrique ou magnétique avec des éléments de circuit capacitif ou inductif. Le

⁹ CI = *Conducted Immunity*.

¹⁰ IC = *Integrated Circuit*.

¹¹ RI = *Radiated Immunity*.

modèle de circuit équivalent pour les émissions rayonnées / l'immunité rayonnée peut inclure un modèle de boîte noire comme sous-modèle.

Les paragraphes suivants décrivent une approche pour la modélisation pour les expressions possibles de chaque modèle. Certaines des expressions peuvent être combinées et utilisées dans un modèle.

5.2 Approche par le modèle de la boîte noire

L'expression d'un modèle de boîte noire est essentiellement un circuit à N ports, dont les caractéristiques sont exprimées sous forme de matrice ou avec certaines équations de circuit. Lorsqu'un modèle de boîte noire est utilisé pour exprimer un modèle d'émissions conduites (CE) ou d'émissions rayonnées (RE), certaines sources de tension et/ou de courant sont reliées à la boîte noire comme des sources de bruit, afin d'exprimer des activités internes (IAs). Les expressions sous forme de matrice suivantes sont possibles pour les modèles de boîtes noires.

Pour un circuit linéaire, ou un circuit qui peut être approché comme linéaire, les matrices suivantes peuvent être utilisées ; ces matrices sont fonctions de la fréquence, et variables en fonction du temps, sans tenir compte des éléments non linéaires.

- matrice d'impédance (Z)
- matrice d'admittance (Y)
- matrice fondamentale (F)
- matrice de répartition (S)

Les éléments de ces matrices peuvent être exprimés par des formules avec certains paramètres, ou des tableaux qui fournissent les caractéristiques de fréquence du circuit.

Dans la définition d'un modèle, les bornes/ports internes et les bornes/ports externes doivent être clairement définis et notés en tant qu'informations préalables requises pour les matrices.

Les caractéristiques d'un circuit à constantes distribuées, comme par exemple les lignes de transmission, peuvent être exprimées par une matrice de répartition (S) comme un circuit à plusieurs ports. Pour ces circuits, la définition de chaque port et de son emplacement doit être décrite en intégrant l'impédance. En particulier lorsqu'un port différentiel est utilisé, il est souhaitable de définir un port de mode commun comme équivalent d'un port différentiel pour le signal.

5.3 Approche par le modèle du circuit équivalent

Les modèles de circuits équivalents, à la fois les circuits à constantes localisées et les circuits à constantes distribuées, peuvent être utilisés pour exprimer les caractéristiques électriques des modèles d'émissions conduites / d'immunité conduite et d'émissions rayonnées / d'immunité rayonnée. Dans l'expression du circuit, les circuits non linéaires peuvent être inclus, ainsi que les circuits linéaires.

Un circuit linéaire qui est décrit avec un modèle de boîte noire, ou un modèle de matrice, peut être converti en un modèle de circuit équivalent. En particulier lorsqu'un modèle est construit par des mesures, les caractéristiques du circuit sont d'abord exprimées sous forme de matrice, puis converties en un circuit équivalent.

Certaines des caractéristiques non linéaires d'un dispositif peuvent être obtenues par des mesures, et peuvent être incluses dans un modèle de circuit équivalent. De plus, une simplification du modèle est possible en utilisant un modèle de circuit complexe et en générant les informations du circuit par simulation.

Lors de la description d'un modèle qui peut être déterminé par des mesures ou par simulation, la méthode d'extraction des paramètres du modèle doit être décrite dans chaque partie de cette série de normes. Un modèle de circuit équivalent d'un dispositif particulier doit contenir toutes les informations sur la structure du circuit, les valeurs des paramètres du circuit, et ses conditions applicables.

5.4 Autres approches pour la modélisation

D'autres approches pour la modélisation sont possibles pour obtenir un macro-modèle de circuit intégré pour la CEM. Les approches possibles sont décrites ci-dessous.

5.4.1 Approche par le modèle électromagnétique

La distribution des sources de champs électromagnétiques peut être utilisée comme un modèle d'émissions rayonnées (RE). Les sources possibles sont les suivantes:

- Distribution de courant électrique
- Distribution de courant magnétique (virtuel)
- Distribution de charges électriques
- Potentiels électriques et/ou potentiels magnétiques scalaires et/ou potentiels vecteurs
- (A définir)

5.4.2 Approche par le modèle statistique

Certains brouillages électromagnétiques dans les systèmes numériques sont évalués statistiquement. En particulier, la dégradation des performances des systèmes de communication numériques sans fil a une forte corrélation avec les caractéristiques statistiques des émissions rayonnées. Un modèle statistique tel que celui présenté ci-dessous est un modèle possible.

- distribution de probabilité d'amplitude (APD¹²).

6 Exigences relatives à la description des modèles

Il est nécessaire de fournir les informations suivantes avec le modèle de circuit intégré (voir Annexe A).

- Informations relatives au circuit intégré pour la modélisation du nom du circuit intégré, du boîtier, de la disposition des broches, etc.
- Spécification du modèle
- Condition de modélisation
- Gamme applicable et mode de fonctionnement applicable.

¹² APD = *Amplitude Probability Distribution*.

Annexe A (normative)

Exigences relatives aux modèles de circuits intégrés pour la CEM

La présente annexe présente les informations requises avec la fourniture du modèle. Elle fournit des informations relatives aux cases comportant "o" dans le Tableau A.1. Le fournisseur et l'utilisateur doivent délibérer lorsqu'il y a un paramètre nécessaire ne figurant pas dans le Tableau A.1.

Tableau A.1 – Exigences relatives à la description des modèles

Élément	Description	Catégorie de modèle				
		CE	CI	RE	RI	
En-tête	Nom du modèle et version du modèle	o	o	o	o	
	Date de livraison	o	o	o	o	
	Fournisseur du modèle	o	o	o	o	
	Nom du circuit intégré	o	o	o	o	
	Informations relatives au boîtier	Type de boîtier	o	o	o	o
		Nombre de broches	o	o	o	o
Disposition des broches		o	o	o	o	
Spécification du modèle	Catégorie de modèle (CE, CI, RE ou RI)	o	o	o	o	
	Approche pour la modélisation	o	o	o	o	
	Domaine de modélisation ("temporel" or "fréquentiel")	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Structure hiérarchique du modèle	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Bornes externes du circuit intégré	Noms des broches	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a
		Emplacements des broches	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a
	Noms des bornes internes	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
Condition de modélisation	Procédure de modélisation ("en utilisant des données de conception" ou "à partir des mesures")	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Mode de fonctionnement ou vecteur d'essai	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Conception (à partir des mesures) et schéma de la carte de circuit imprimé	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Température	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Tensions d'alimentation	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Données mesurées	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
Plage applicable	Plage de fréquences	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Plage de tensions d'alimentation	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Plage de températures	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Plage de fréquences de fonctionnement	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Gamme de charges de sortie	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	
	Cas le plus défavorable dans les plages applicables	o	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a	

Élément	Description	Catégorie de modèle			
		CE	CI	RE	RI
Mode de fonctionnement applicable	Mode de fonctionnement	○	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a
Restriction	Restrictions d'application, le cas échéant (réglage des ports d'entrée/sortie, etc)	○	A définir ^a	A définir ^a	A définir ^a

^a A définir dans de futurs documents.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch