

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**EMC IC modelling –
Part 4: Models of integrated circuits for RF immunity behavioural simulation –
Conducted immunity modelling (ICIM-CI)**

**Modèles de circuits intégrés pour la CEM –
Partie 4: Modèles de circuits intégrés pour la simulation du comportement
d'immunité aux radiofréquences – Modélisation de l'immunité conduite (ICIM-CI)**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.200

ISBN 978-2-8322-3417-4

**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.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references.....	9
3 Terms, definitions, abbreviations and conventions.....	10
3.1 Terms and definitions.....	10
3.2 Abbreviations.....	11
3.3 Conventions.....	11
4 Philosophy.....	12
5 ICIM-CI model description.....	12
5.1 General.....	12
5.2 PDN description.....	14
5.3 IBC description.....	15
5.4 IB description.....	16
6 CIML format.....	17
6.1 General.....	17
6.2 CIML structure.....	18
6.3 Global keywords.....	19
6.4 Header section.....	19
6.5 Lead definitions.....	20
6.6 SPICE macro-models.....	21
6.7 Validity section.....	23
6.7.1 General.....	23
6.7.2 Attribute definitions.....	23
6.8 PDN.....	25
6.8.1 General.....	25
6.8.2 Attribute definitions.....	26
6.8.3 PDN for a single-ended input or output.....	29
6.8.4 PDN for a differential input.....	36
6.8.5 PDN multi-port description.....	39
6.9 IBC.....	40
6.9.1 General.....	40
6.9.2 Attribute definitions.....	41
6.10 IB.....	42
6.10.1 General.....	42
6.10.2 Attribute definitions.....	43
6.10.3 Description.....	48
7 Extraction.....	50
7.1 General.....	50
7.2 Environmental extraction constraints.....	50
7.3 PDN extraction.....	51
7.3.1 General.....	51
7.3.2 <i>S-/Z-/Y</i> -parameter measurement.....	51
7.3.3 RFIP technique.....	51
7.4 IB extraction.....	52
7.4.1 General.....	52
7.4.2 Direct RF power injection test method.....	52

7.4.3	RF Injection probe test method.....	54
7.4.4	IB data table	55
7.5	IBC	56
8	Validation of ICIM-CI hypotheses	56
8.1	General.....	56
8.2	Linearity.....	57
8.3	Immunity criteria versus transmitted power	58
9	Model usage.....	59
Annex A (normative)	Preliminary definitions for XML representation	61
A.1	XML basics	61
A.1.1	XML declaration	61
A.1.2	Basic elements	61
A.1.3	Root element	61
A.1.4	Comments	62
A.1.5	Line terminations	62
A.1.6	Element hierarchy	62
A.1.7	Element attributes	62
A.2	Keyword requirements.....	62
A.2.1	General	62
A.2.2	Keyword characters	63
A.2.3	Keyword syntax.....	63
A.2.4	File structure.....	63
A.2.5	Values	65
Annex B (informative)	ICIM-CI example with disturbance load	68
Annex C (informative)	Conversions between parameter types	69
C.1	General.....	69
C.2	Single-ended input or output.....	69
C.3	Differential input or output	70
Annex D (informative)	Example of ICIM-CI macro-model in CIML format	74
Annex E (normative)	CIML Valid keywords and usage	79
E.1	Root element keywords	79
E.2	File header keywords	79
E.3	<i>Validity</i> section keywords	81
E.4	Global keywords	81
E.5	<i>Lead</i> keyword.....	82
E.6	<i>Lead_definitions</i> section attributes.....	82
E.7	<i>Macromodels</i> section attributes	83
E.8	<i>Pdn</i> section keywords.....	84
E.8.1	<i>Lead</i> element keywords.....	84
E.8.2	<i>Netlist</i> section keywords.....	86
E.9	<i>Ibc</i> section keywords	87
E.9.1	<i>Lead</i> element keywords.....	87
E.9.2	<i>Netlist</i> section keywords.....	89
E.10	<i>Ib</i> section keywords.....	89
E.10.1	<i>Lead</i> element keywords.....	89
E.10.2	<i>Max_power_level</i> section keywords	91
E.10.3	<i>Voltage</i> section keywords.....	91
E.10.4	<i>Current</i> section keywords	93

E.10.5	<i>Power</i> section keywords	94
E.10.6	<i>Test_criteria</i> section keywords	95
Annex F (informative)	PDN impedance measurement methods using vector network analyzer	97
F.1	General.....	97
F.2	Conventional one-port method	97
F.3	Two-port method for low impedance measurement.....	97
F.4	Two-port method for high impedance measurement	98
Annex G (informative)	RFIP measurement method description	99
G.1	General.....	99
G.2	Obtaining immunity parameters	99
Annex H (informative)	Immunity simulation with ICIM model based on pass/fail test	101
H.1	ICIM-CI macro-model of a voltage regulator IC	101
H.1.1	General	101
H.1.2	PDN extraction.....	101
H.1.3	IB extraction	101
H.1.4	SPICE-compatible macro-model	102
H.2	Application level simulation and failure prediction	102
Annex I (informative)	Immunity simulation with ICIM model based on non pass/fail test	104
Bibliography	106
Figure 1	– Example of ICIM-CI model structure.....	13
Figure 2	– Example of an ICIM-CI model of an electronic board	14
Figure 3	– Example of an IBC network.....	16
Figure 4	– ICIM-CI model representation with different blocks.....	16
Figure 5	– CIML inheritance hierarchy	18
Figure 6	– Example of a netlist file defining a sub-circuit.....	22
Figure 7	– PDN electrical schematics	29
Figure 8	– PDN represented as a one-port black-box	29
Figure 9	– PDN represented as S-parameters in Touchstone format	32
Figure 10	– PDN represented as two-port S-parameters in Touchstone format	33
Figure 11	– Example structure for defining the PDN using circuit elements.....	34
Figure 12	– Example of a single-ended PDN Netlist main circuit definition.....	35
Figure 13	– Example of a single-ended PDN Netlist with both sub-circuit and main circuit definitions.....	35
Figure 14	– Differential input schematic.....	37
Figure 15	– PDN represented as a two-port black-box	37
Figure 16	– PDN data format for differential input or output.....	37
Figure 17	– Differential inputs of an operational amplifier example	39
Figure 18	– ICIM-CI Model for a 74HC08 component	40
Figure 19	– Example IB file obtained from DPI measurement	50
Figure 20	– Test setup of the DPI immunity measurement method as specified in IEC 62132-4	52
Figure 21	– Principle of single and multi-pin DPI.....	53
Figure 22	– Electrical representation of the DPI test setup	54
Figure 23	– Test setup of the RFIP measurement method derived from the DPI method	55

Figure 24 – Example setup used for illustrating ICIM-CI hypotheses	57
Figure 25 – Example of linearity assumption validation	58
Figure 26 – Example of transmitted power criterion validation	59
Figure 27 – Use of the ICIM-CI macro-model for simulation	59
Figure A.1 – Multiple XML (CIML) files	64
Figure A.2 – XML files with data files (*.dat)	64
Figure A.3 – XML files with additional files	65
Figure B.1 – ICIM-CI description applied to an oscillator stage for extracting IB.....	68
Figure C.1 – Single-ended DI	69
Figure C.2 – Differential DI	70
Figure C.3 – Two-port representation of a differential DI	70
Figure C.4 – Simulation of common-mode injection on a differential DI based on DPI	72
Figure C.5 – Equivalent common-mode input impedance of a differential DI	72
Figure C.6 – Determination of transmitted power for a differential DI	72
Figure D.1 – Test setup on an example LIN transceiver	74
Figure D.2 – PDN data in touchstone format (s2p), data measured using VNA	76
Figure D.3 – PDN data of leads 6 (LIN) and 7 (VCC)	77
Figure D.4 – IB data in ASCII format (.txt), data measured using DPI method – Injection on VCC pin	77
Figure D.5 – IB data for injection on VCC pin.....	78
Figure F.1 – Conventional one-port S-parameter measurement.....	97
Figure F.2 – Two-port method for low impedance measurement.....	98
Figure F.3 – Two-port method for high impedance measurement.....	98
Figure G.1 – Test setup of the RFIP measurement method derived from DPI method	99
Figure G.2 – Principle of the RFIP measurement method.....	99
Figure H.1 – Electrical schematic for extracting the voltage regulator’s ICIM-CI.....	101
Figure H.2 – ICIM-CI extraction on the voltage regulator example	102
Figure H.3 – Example of a SPICE-compatible ICIM-CI macro-model of the voltage regulator.....	102
Figure H.4 – Example of a board level simulation on the voltage regulator’s ICIM-CI with PCB model and other components including parasitic elements	103
Figure H.5 – Incident power as a function of frequency that is required to create a defect with a 10 nF filter.....	103
Figure I.1 – Example of an IB file for a given failure criterion	104
Figure I.2 – Comparison of simulated transmitted power and measured immunity behaviour	105
Table 1 – Attributes of <i>Lead</i> keyword in the <i>Lead_definitions</i> section	20
Table 2 – Compatibility between the <i>Mode</i> and <i>Type</i> fields for correct CIML annotation.....	20
Table 3 – <i>Subckt</i> definition.....	21
Table 4 – Definition of the <i>Validity</i> section	23
Table 5 – Definition of the <i>Lead</i> keyword for <i>Pdn</i> section	25
Table 6 – Valid data formats and their default units in the <i>Pdn</i> section	28
Table 7 – Valid file extensions in the <i>Pdn</i> section	28
Table 8 – Valid fields of the <i>Lead</i> keyword for single-ended PDN	30

Table 9 – <i>Netlist</i> definition.....	34
Table 10 – Valid fields of the <i>Lead</i> keyword for differential PDN.....	38
Table 11 – Differences between the <i>Pdn</i> and <i>Ibc</i> section fields	41
Table 12 – Valid fields of the <i>Lead</i> keyword for IBC definition	42
Table 13 – Definition of the <i>Lead</i> keyword in <i>Ib</i> section.....	43
Table 14 – <i>Max_power_level</i> definition	44
Table 15 – <i>Voltage</i> , <i>Current</i> and <i>Power</i> definition	45
Table 16 – <i>Test_criteria</i> definition	45
Table 17 – Default values of <i>Unit_voltage</i> , <i>Unit_current</i> and <i>Unit_power</i> tags as a function of data format	48
Table 18 – Valid file extensions in the <i>Ib</i> section.....	48
Table 19 – Example of IB table pass/fail criteria	56
Table A.1 – Valid logarithmic units	66
Table C.1 – Single-ended parameter conversion.....	70
Table C.2 – Differential parameter conversion	71
Table C.3 – Power calculation	73
Table E.1 – Root element keywords	79
Table E.2 – <i>Header</i> section keywords.....	80
Table E.3 – <i>Validity</i> section keywords	81
Table E.4 – Global keywords.....	82
Table E.5 – <i>Lead</i> element definition	82
Table E.6 – <i>Lead_definitions</i> section keywords.....	83
Table E.7 – <i>Macromodels</i> section keywords	83
Table E.8 – <i>Lead</i> element keywords in the <i>Pdn</i> section.....	84
Table E.9 – Netlist section keywords	87
Table E.10 – <i>Lead</i> element keywords in the <i>Ibc</i> section	87
Table E.11 – <i>Lead</i> element keywords in the <i>Ib</i> section	90
Table E.12 – <i>Max_power_level</i> section keywords	91
Table E.13 – <i>Voltage</i> section keywords	92
Table E.14 – <i>Current</i> section keywords	93
Table E.15 – <i>Power</i> section keywords	94
Table E.16 – <i>Test_criteria</i> section keywords.....	96

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EMC IC MODELLING –

Part 4: Models of integrated circuits for RF immunity behavioural simulation – Conducted immunity modelling (ICIM-CI)

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 62433-4 has been prepared by subcommittee 47A: Integrated circuits, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47A/988/FDIS	47A/989/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 website 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.

EMC IC MODELLING –

Part 4: Models of integrated circuits for RF immunity behavioural simulation – Conducted immunity modelling (ICIM-CI)

1 Scope

This part of IEC 62433 specifies a flow for deriving a macro-model to allow the simulation of the conducted immunity levels of an integrated circuit (IC). This model is commonly called Integrated Circuit Immunity Model – Conducted Immunity, ICIM-CI. It is intended to be used for predicting the levels of immunity to conducted RF disturbances applied on IC pins.

In order to evaluate the immunity threshold of an electronic device, this macro-model will be inserted in an electrical circuit simulation tool.

This macro-model can be used to model both analogue and digital ICs (input/output, digital core and supply). This macro-model does not take into account the non-linear effects of the IC.

The added value of ICIM-CI is that it could also be used for immunity prediction at board and system level through simulations.

This part of IEC 62433 has two main parts:

- the electrical description of ICIM-CI macro-model elements;
- a universal data exchange format called CIML based on XML. This format allows ICIM-CI to be encoded in a more useable and generic form for immunity simulation.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 62132-1, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic immunity – Part 1: General conditions and definitions*

IEC 62132-4, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic immunity 150 kHz to 1 GHz – Part 4: Direct RF power injection method*

IEC 62433-2, *EMC IC modelling – Part 2: Models of integrated circuits for EMI behavioural simulation – Conducted emissions modelling (ICEM-CE)*

ISO 8879: 1986, *Information processing – Text and office systems – Standard Generalized Markup Language (SGML)*

ISO/IEC 646: 1991, *Information technology – ISO 7-bit coded character set for information interchange (7-Bit ASCII)*

CISPR 17, *Methods of measurement of the suppression characteristics of passive EMC filtering devices*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	113
1 Domaine d'application.....	115
2 Références normatives	115
3 Termes, définitions, abréviations et conventions.....	116
3.1 Termes et définitions	116
3.2 Abréviations.....	117
3.3 Conventions.....	118
4 Philosophie	118
5 Description du modèle ICIM-CI	118
5.1 Généralités	118
5.2 Description du PDN.....	120
5.3 Description du couplage interblochs (IBC)	122
5.4 Description de l'IB	123
6 Format CIML	124
6.1 Généralités	124
6.2 Structure CIML.....	126
6.3 Mots clés globaux	126
6.4 Section Header	126
6.5 <i>Lead definitions</i> (définitions des connexions)	127
6.6 Macromodèles SPICE	128
6.7 Section Validity	130
6.7.1 Généralités	130
6.7.2 Définitions d'attributs.....	131
6.8 PDN.....	133
6.8.1 Généralités	133
6.8.2 Définitions d'attributs.....	134
6.8.3 PDN pour entrée ou sortie asymétrique	137
6.8.4 PDN d'une entrée différentielle.....	146
6.8.5 Description du PDN multiaccès.....	150
6.9 IBC.....	151
6.9.1 Généralités	151
6.9.2 Définitions d'attributs.....	152
6.10 IB	153
6.10.1 Généralités	153
6.10.2 Définitions d'attributs.....	154
6.10.3 Description	160
7 Extraction.....	162
7.1 Généralités	162
7.2 Contraintes environnementales d'extraction	162
7.3 Extraction PDN	162
7.3.1 Généralités	162
7.3.2 Mesurage de paramètres <i>S/Z/Y</i>	162
7.3.3 Technique RFIP	163
7.4 Extraction IB	163
7.4.1 Généralités	163
7.4.2 Méthode d'essai d'injection directe de puissance RF.....	163

7.4.3	Méthode d'essai de sonde d'injection RF	167
7.4.4	Tableau de données IB	168
7.5	IBC	168
8	Validation des hypothèses ICIM-CI.....	169
8.1	Généralités	169
8.2	Linéarité	169
8.3	Critère d'immunité par rapport à la puissance transmise.....	170
9	Utilisation du modèle	171
Annexe A (normative) Définitions préliminaires pour la représentation XML.....		173
A.1	Éléments de base XML.....	173
A.1.1	Déclaration XML	173
A.1.2	Éléments de base	173
A.1.3	Élément racine.....	173
A.1.4	Commentaires.....	174
A.1.5	Terminaisons de ligne	174
A.1.6	Hierarchie des éléments.....	174
A.1.7	Attributs d'élément	174
A.2	Exigences relatives au mot clé	174
A.2.1	Généralités	174
A.2.2	Caractères de mot clé	175
A.2.3	Syntaxe de mot clé	175
A.2.4	Structure de fichier.....	175
A.2.5	Valeurs	178
Annexe B (informative) Exemple d'ICIM-CI avec intensité de perturbation		180
Annexe C (informative) Conversions entre les types de paramètres		181
C.1	Généralités	181
C.2	Entrée ou sortie asymétrique	181
C.3	Entrée ou sortie différentielle.....	182
Annexe D (informative) Exemple de macromodèle ICIM-CI au format CIML.....		187
Annexe E (normative) Mots clés CIML valides et utilisation		192
E.1	Mots clés d'élément racine	192
E.2	Mots clés d'en-tête de fichier	192
E.3	Mots clés de la section <i>Validity</i>	194
E.4	Mots clés globaux	194
E.5	Mot clé <i>Lead</i>	195
E.6	Attributs de la section <i>Lead_definitions</i>	195
E.7	Attributs de la section <i>Macromodels</i>	196
E.8	Mots clés de la section <i>Pdn</i>	197
E.8.1	Mots clés de l'élément <i>Lead</i>	197
E.8.2	Mots clés de la section <i>Netlist</i>	199
E.9	Mots clés de la section <i>Ibc</i>	199
E.9.1	Mots clés de l'élément <i>Lead</i>	199
E.9.2	Mots clés de la section <i>Netlist</i>	202
E.10	Mots clés de la section <i>Ib</i>	202
E.10.1	Mots clés de l'élément <i>Lead</i>	202
E.10.2	Mots clés de la section <i>Max_power_level</i>	203
E.10.3	Mots clés de la section <i>Voltage</i>	203
E.10.4	Mots clés de la section <i>Current</i>	205

E.10.5	Mots clés de la section <i>Power</i>	206
E.10.6	Mot clé de la section <i>Test_criteria</i>	207
Annexe F (informative)	Méthodes de mesure de l'impédance PDN à l'aide d'un analyseur de réseau vectoriel.....	209
F.1	Généralités	209
F.2	Méthode conventionnelle à un accès	209
F.3	Méthode à deux accès pour le mesurage de faible impédance	209
F.4	Méthode à deux accès pour le mesurage d'impédance élevée.....	210
Annexe G (informative)	Description de la méthode de mesure RFIP.....	211
G.1	Généralités	211
G.2	Obtention des paramètres d'immunité.....	211
Annexe H (informative)	Simulation d'immunité avec le modèle ICIM reposant sur l'essai de réussite/échec.....	213
H.1	Macromodèle ICIM-CI d'un CI de régulateur de tension.....	213
H.1.1	Généralités	213
H.1.2	Extraction PDN	213
H.1.3	Extraction IB	213
H.1.4	Macromodèle compatible avec SPICE	214
H.2	Simulation et prévision de défaillance du niveau de l'application	214
Annexe I (informative)	Simulation d'immunité avec le modèle ICIM reposant sur l'essai de non-réussite/échec	217
Bibliographie	219
Figure 1	– Exemple de structure de modèle ICIM-CI	119
Figure 2	– Exemple d'un modèle ICIM-CI d'une carte électronique	120
Figure 3	– Exemple de réseau IBC	122
Figure 4	– Représentation du modèle ICIM-CI avec différents blocs.....	123
Figure 5	– Hiérarchie d'héritage CIML	125
Figure 6	– Exemple de fichier netlist définissant un sous-circuit.....	130
Figure 7	– Schémas électriques du PDN	137
Figure 8	– PDN représenté sous la forme d'une boîte noire à un accès	138
Figure 9	– PDN représenté sous la forme de paramètres S au format Touchstone.....	141
Figure 10	– PDN représenté sous la forme de paramètres S à deux accès au format Touchstone.....	142
Figure 11	– Exemple de structure pour la définition du PDN à l'aide des éléments de circuit.....	143
Figure 12	– Exemple de définition de circuit principal PDN Netlist asymétrique	144
Figure 13	– Exemple de PDN Netlist asymétrique avec définitions de sous-circuit et de circuit principal	145
Figure 14	– Schéma d'entrée différentielle.....	147
Figure 15	– PDN représenté sous la forme d'une boîte noire à deux accès.....	147
Figure 16	– Format de données PDN pour une entrée ou sortie différentielle.....	148
Figure 17	– Exemple d'entrées différentielles d'un amplificateur opérationnel.....	150
Figure 18	– Modèle ICIM-CI d'un composant 74HC08	151
Figure 19	– Exemple de fichier IB obtenu par suite d'un mesurage DPI	161
Figure 20	– Montage d'essai de la méthode de mesure d'immunité DPI tel que spécifié dans l'IEC 62132-4	164

Figure 21 – Principe d'injection directe de puissance (DPI) à une seule broche et à broches multiples.....	165
Figure 22 – Représentation électrique du montage d'essai DPI.....	166
Figure 23 – Montage d'essai de la méthode de mesure RFIP déduite de la méthode DPI.....	167
Figure 24 – Exemple de montage utilisé pour représenter les hypothèses ICIM-CI.....	169
Figure 25 – Exemple de validation de l'hypothèse de linéarité.....	170
Figure 26 – Exemple de validation de critère de puissance transmise.....	171
Figure 27 – Utilisation du macromodèle ICIM-CI pour la simulation.....	172
Figure A.1 – Fichiers XML (CIML) multiples.....	176
Figure A.2 – Fichiers XML avec fichiers de données (*.dat).....	177
Figure A.3 – Fichiers XML avec fichiers supplémentaires.....	177
Figure B.1 – Description ICIM-CI appliquée à l'étage oscillateur pour extraire l'IB.....	180
Figure C.1 – DI asymétrique.....	181
Figure C.2 – DI différentielle.....	182
Figure C.3 – Représentation à deux accès d'une DI différentielle.....	182
Figure C.4 – Simulation de l'injection en mode commun sur une DI différentielle en fonction du DPI.....	184
Figure C.5 – Impédance d'entrée de mode commun équivalente d'une DI différentielle.....	184
Figure C.6 – Détermination de la puissance transmise pour une DI différentielle.....	185
Figure D.1 – Montage d'essai sur un exemple d'émetteur-récepteur LIN.....	187
Figure D.2 – Données PDN au format touchstone (s2p), données mesurées à l'aide d'un analyseur de réseau vectoriel.....	190
Figure D.3 – Données PDN de la connexion 6 (LIN) et de la connexion 7 (VCC).....	190
Figure D.4 – Données IB au format ASCII (.txt), données mesurées par la méthode DPI – Injection sur la broche VCC.....	191
Figure D.5 – Données IB pour l'injection sur la broche VCC.....	191
Figure F.1 – Mesurage conventionnel de paramètres S à un accès.....	209
Figure F.2 – Méthode à deux accès pour le mesurage de faible impédance.....	210
Figure F.3 – Méthode à deux accès pour le mesurage d'impédance élevée.....	210
Figure G.1 – Montage d'essai de la méthode de mesure RFIP déduite de la méthode DPI.....	211
Figure G.2 – Principe de la méthode de mesure RFIP.....	212
Figure H.1 – Schéma électrique d'extraction de l'ICIM-CI du régulateur de tension.....	213
Figure H.2 – Exemple d'extraction ICIM-CI sur le régulateur de tension.....	214
Figure H.3 – Exemple de macromodèle ICIM-CI compatible avec SPICE du régulateur de tension.....	214
Figure H.4 – Exemple de simulation au niveau d'une carte sur l'ICIM-CI du régulateur de tension avec modèle de CCI et autres composants contenant des éléments parasites.....	215
Figure H.5 – Puissance incidente en fonction de la fréquence exigée pour créer un défaut avec un filtre 10 nF.....	215
Figure I.1 – Exemple de fichier IB pour un critère de défaillance donné.....	217
Figure I.2 – Comparaison de la puissance transmise simulée et du comportement d'immunité mesuré.....	218

Tableau 1 – Attributs du mot clé <i>Lead</i> dans la section <i>Lead_definitions</i>	127
Tableau 2 – Compatibilité entre le champ <i>Mode</i> et le champ <i>Type</i> pour annotation CIML correcte.....	128
Tableau 3 – Définition <i>Subckt</i>	129
Tableau 4 – Définition de la section <i>Validity</i>	131
Tableau 5 – Définition du mot clé <i>Lead</i> pour la section <i>Pdn</i>	133
Tableau 6 – Formats valides de données et leurs unités par défaut dans la section <i>Pdn</i>	136
Tableau 7 – Extensions de fichiers valides de la section <i>Pdn</i>	136
Tableau 8 – Champs valides du mot clé <i>Lead</i> pour le PDN asymétrique	138
Tableau 9 – Définition de <i>Netlist</i>	143
Tableau 10 – Champs valides du mot clé <i>Lead</i> pour le PDN différentiel	149
Tableau 11 – Différences entre les champs de la section <i>Pdn</i> et de la section <i>Ibc</i>	152
Tableau 12 – Champs valides du mot clé <i>Lead</i> pour la définition d'IBC	153
Tableau 13 – Définition du mot clé <i>Lead</i> de la section <i>Ib</i>	154
Tableau 14 – Définition de <i>Max_power_level</i>	155
Tableau 15 – Définition de <i>Voltage</i> , <i>Current</i> et <i>Power</i>	156
Tableau 16 – Définition de <i>Test_criteria</i>	156
Tableau 17 – Valeurs par défaut des balises <i>Unit_voltage</i> , <i>Unit_current</i> et <i>Unit_power</i> en fonction du format de données	159
Tableau 18 – Extensions valides de fichiers de la section <i>Ib</i>	160
Tableau 19 – Exemple de critères de réussite/échec du tableau IB	168
Tableau A.1 – Unités logarithmiques valides	179
Tableau C.1 – Conversion de paramètres asymétriques.....	182
Tableau C.2 – Conversion de paramètres différentiels	183
Tableau C.3 – Calcul de la puissance.....	186
Tableau E.1 – Mots clés d'élément racine.....	192
Tableau E.2 – Mots clés de la section <i>Header</i>	193
Tableau E.3 – Mots clés de la section <i>Validity</i>	194
Tableau E.4 – Mots clés globaux.....	195
Tableau E.5 – Définition de l'élément <i>Lead</i>	195
Tableau E.6 – Mots clés de la section <i>Lead_definitions</i>	196
Tableau E.7 – Mots clés de la section <i>Macromodels</i>	196
Tableau E.8 – Mots clés de l'élément <i>Lead</i> de la section <i>Pdn</i>	197
Tableau E.9 – Mots clés de la section <i>Netlist</i>	199
Tableau E.10 – Mots clés de l'élément <i>Lead</i> de la section <i>Ibc</i>	200
Tableau E.11 – Mots clés de l'élément <i>Lead</i> de la section <i>Ib</i>	202
Tableau E.12 – Mots clés de la section <i>Max_power_level</i>	203
Tableau E.13 – Mots clés de la section <i>Voltage</i>	204
Tableau E.14 – Mots clés de la section <i>Current</i>	205
Tableau E.15 – Mots clés de la section <i>Power</i>	206
Tableau E.16 – Mots clés de la section <i>Test_criteria</i>	208

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MODÈLES DE CIRCUITS INTÉGRÉS POUR LA CEM –

Partie 4: Modèles de circuits intégrés pour la simulation du comportement d'immunité aux radiofréquences – Modélisation de l'immunité conduite (ICIM-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 62433-4 a été établie par le sous-comité 47A: Circuits intégrés, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47A/988/FDIS	47A/989/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. A cette date, la publication sera

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

MODÈLES DE CIRCUITS INTÉGRÉS POUR LA CEM –

Partie 4: Modèles de circuits intégrés pour la simulation du comportement d'immunité aux radiofréquences – Modélisation de l'immunité conduite (ICIM-CI)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62433 spécifie un macromodèle de simulation des niveaux d'immunité conduite d'un circuit intégré (CI). Ce modèle est communément appelé Modèle d'immunité de circuits intégrés – Immunité conduite (ICIM-CI – Integrated Circuit Immunity Model – Conducted Immunity). Il est destiné à prévoir les niveaux d'immunité aux perturbations radioélectriques conduites appliqués aux broches de circuits intégrés.

Afin d'évaluer le seuil d'immunité d'un dispositif électronique, ce macromodèle est inséré dans un outil de simulation de circuit électrique.

Ce macromodèle peut être utilisé pour modéliser les circuits intégrés analogiques et numériques (entrée/sortie, noyau numérique et alimentation). Ce macromodèle ne tient pas compte des effets non linéaires du circuit intégré.

L'ICIM-CI présente l'avantage de pouvoir également être utilisé pour la prévision d'immunité au niveau de la carte et du système grâce à des simulations.

La présente partie de l'IEC 62433 est composée de deux parties principales:

- la description électrique des éléments du macromodèle ICIM-CI;
- un format universel d'échange de données appelé CIML et reposant sur le langage XML. Ce format permet de coder l'ICIM-CI sous une forme plus utile et générique pour la simulation d'immunité.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 62132-1, *Circuits intégrés – Mesure de l'immunité électromagnétique – Partie 1: Conditions générales et définitions*

IEC 62132-4, *Circuits intégrés – Mesure de l'immunité électromagnétique 150 kHz à 1 GHz – Partie 4: Méthode d'injection directe de puissance RF*

IEC 62433-2, *Modèles de circuits intégrés pour la CEM – Partie 2: Modèles de circuits intégrés pour la simulation du comportement lors de perturbations électromagnétiques – Modélisation des émissions conduites (ICEM-CE)*

ISO 8879:1986, *Traitement de l'information – Systèmes bureautiques – Langage normalisé de balisage généralisé (SGML)*

ISO/IEC 646:1991, *Technologies de l'information – Jeu ISO de caractères codés à 7 éléments pour l'échange d'information*

CISPR 17, *Méthodes de mesure des caractéristiques d'antiparasitage des dispositifs de filtrage CEM passifs*