IEC/TR 62433-2-1

Edition 1.0 2010-10

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE

colour inside

EMC IC modelling –
Part 2-1: Theory of black box modelling for conducted emission

Modèles de circuits intégrés CEM –
Partie 2-1: Théorie du modèle de la boîte noire pour les émissions conduites

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 31.200

ISBN 978-2-88912-208-0

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

CONTENTS

FOREWORD ... 3
1 Scope ... 5
2 Integrated circuit and modelling board ... 5
3 Assumptions ... 7
3.1 ICEM-CE ... 7
3.2 Black box model ... 9
4 Modelling ... 9
4.1 Terminals and objectives ... 9
4.2 Admittance matrix ... 10
4.3 Matrix compaction ... 11
4.4 Black box model structure ... 12
5 Parameter extractions ... 13
5.1 General ... 13
5.2 Equivalent internal activities ... 13
5.3 Equivalent passive distribution network ... 15
5.4 Parameter extraction method using finite impedance termination ... 16
5.5 Black box model including the reference terminal ... 17
6 Implementation ... 17
6.1 General ... 17
6.2 Configuration of the application board ... 17
6.3 Implementation of black box models ... 20
6.4 Solutions to noise voltages and noise currents ... 20
Annex A (informative) Nodal equation ... 22
Annex B (informative) Example of black box modelling ... 24
Bibliography ... 28

Figure 1 – Integrated circuit and its modelling board ... 6
Figure 2 – Basic ICEM-CE model structure for an IC ... 7
Figure 3 – Representation of the integrated circuit and its modelling board by ICEM-CE ... 8
Figure 4 – Structure of the ICEM-CE for IC black box modelling ... 10
Figure 5 – IC Black box model structure ... 12
Figure 6 – IC black box model description with circuit elements ... 13
Figure 7 – Setup for extraction of equivalent IAs ... 14
Figure 8 – Definition of phase ... 15
Figure 9 – Setup for extraction of equivalent PDN ... 16
Figure 10 – Setup for extraction of equivalent IAs and PDN ... 16
Figure 11 – Configuration of the application board ... 18
Figure 12 – Setup for simulation of the application board ... 19
Figure B.1 – The ICEM-CE model ... 25
Figure B.2 – Spectrum of equivalent IA ... 26
Figure B.3 – Calculated admittances ... 26
Figure B.4 – Noise voltage and noise current ... 27

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EMC IC MODELLING –

Part 2-1: Theory of black box modelling for conducted emission

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. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC 62433-2-1, which is a technical report, has been prepared by subcommittee 47A: Integrated circuits, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

The text of this technical report is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
47A/826A/DTR	47A/834/RVC

Full information on the voting for the approval of this technical report 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 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

- 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 2-1: Theory of black box modelling for conducted emission

1 Scope

This part of IEC 62433-2-1 covers black box modelling which has the potential to make the modelling of conducted emission very simple, very fast, and can provide complete protection of proprietary information of IC vendors.

This technical report is intended to provide the theoretical background on black box modelling for IC conducted emission.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 32
1 Domaine d'application 34
2 Circuit intégré et carte de modélisation 34
3 Hypothèses 36
3.1 ICEM-CE 36
3.2 Boîte noire 38
4 Modélisation 38
4.1 Bornes et objectifs 38
4.2 Matrice d'admittance 39
4.3 Compactage de matrice 40
4.4 Structure du modèle de la boîte noire 41
5 Extractions de paramètres 43
5.1 Généralités 43
5.2 Activités internes équivalentes 43
5.3 Réseau de distribution passif équivalent 45
5.4 Méthode d'extraction des paramètres par terminaison à impédance limitée 46
5.5 Modèle de la boîte noire incluant la borne de référence 47
6 Mise en œuvre 47
6.1 Généralités 47
6.2 Configuration de la carte d'application 48
6.3 Mise en œuvre des modèles de boîte noire 50
6.4 Solutions pour les tensions et les courants de bruit 50
Annexe A (informative) Équation nodale 52
Annexe B (informative) Exemple de modèle de boîte noire 55
Bibliographie 59

Figure 1 – Circuit intégré et sa carte de modélisation 35
Figure 2 – Structure de base d'un modèle ICEM-CE pour le circuit intégré 36
Figure 3 – Circuit intégré et sa carte de modélisation par ICEM-CE 37
Figure 4 – Structure du modèle ICEM-CE pour le modèle de la boîte noire d'un circuit intégré 39
Figure 5 – Structure de modèle de boîte noire d'un circuit intégré 42
Figure 6 – Description d'un modèle de boîte noire d'un circuit intégré avec des éléments de circuit 43
Figure 7 – Montage pour l'extraction des IA équivalentes 44
Figure 8 – Définition de la phase 45
Figure 9 – Montage pour l'extraction d'un PDN équivalent 46
Figure 10 – Montage pour l'extraction des IA et d'un PDN équivalents 46
Figure 11 – Configuration de la carte d'application 48
Figure 12 – Montage pour la simulation de la carte d'application 49
Figure B.1 – Le modèle ICEM-CE 56
Figure B.2 – Spectre d'une IA équivalente 57
Figure B.3 – Admittances calculées 57

Figure B.4 – Tension de bruit et courant de bruit 58

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MODÈLES DE CIRCUITS INTÉGRÉS CEM –

Partie 2-1: Théorie du modèle de la boîte noire pour les émissions conduites

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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'étude de la CEI consiste à préparer des normes internationales. Toutefois, un comité d'étude peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a rassemblé des données dont le type est différent de celui des données qui sont normalement publiées comme une norme internationale, par exemple "état de la technique".

La CEI 62433-2-1, qui est un rapport technique, a été préparée par le sous-comité 47A: circuits intégrés, du comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte du présent rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
47A/826A/DTR	47A/834/RVC

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62433, sous le titre général *Modèles de circuits intégrés CEM* peut être consulté 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

- 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 CEM –

Partie 2-1: Théorie du modèle de la boîte noire pour les émissions conduites

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62433-2-1 couvre le modèle de la boîte noire qui permet de créer un modèle d'émissions conduites très simple et très rapide et peut offrir une protection complète des informations propriétaires des fabricants de circuits intégrés.

Ce rapport technique est destiné à fournir un support théorique sur le modèle de la boîte noire pour les émissions conduites des circuits intégrés.