

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Integrated circuits – EMC evaluation of transceivers –
Part 5: Ethernet transceivers**

**Circuits intégrés – Évaluation de la CEM des émetteurs-récepteurs –
Partie 5: Émetteurs-récepteurs Ethernet**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.200

ISBN 978-2-8322-5219-2

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.....	8
1 Scope.....	10
2 Normative references	10
3 Terms, definitions and abbreviated terms	11
3.1 Terms and definitions.....	11
3.2 Abbreviated terms.....	12
4 General	13
5 Test and operating conditions.....	14
5.1 Supply and ambient conditions.....	14
5.2 Test operation modes	14
5.2.1 General	14
5.2.2 Transceiver configuration for normal operation mode.....	15
5.2.3 Transceiver configuration for low power mode	15
5.3 Definition of BIN.....	15
5.4 Test configuration	16
5.4.1 General configuration for transceiver network	16
5.4.2 General configuration for single transceiver	18
5.4.3 Transceiver network tests – coupling ports and networks for conducted tests	18
5.4.4 Single transceiver tests – coupling ports and networks	21
5.5 Test communication and signals	22
5.5.1 General	22
5.5.2 Test signals for normal operation mode	22
5.5.3 Test signals for low power mode.....	23
5.6 Evaluation criteria	23
5.6.1 General	23
5.6.2 Evaluation criteria for functional operation modes.....	23
5.6.3 Evaluation criteria in unpowered condition after exposure to disturbances	24
5.6.4 Status classes	25
5.7 DUT specific information	26
6 Test and measurement.....	26
6.1 Emission of conducted RF disturbances.....	26
6.1.1 Test method	26
6.1.2 Test setup	26
6.1.3 Test procedure and parameters	27
6.2 Immunity to conducted RF disturbances.....	28
6.2.1 Test method	28
6.2.2 Test setup	28
6.2.3 Test procedure and parameters	29
6.3 Immunity to impulses	33
6.3.1 Test method	33
6.3.2 Test setup	33
6.3.3 Test procedure and parameters	34
6.4 Electrostatic Discharge (ESD).....	36
6.4.1 Test method	36
6.4.2 Test setup	36

6.4.3	Test procedure and parameters	41
7	Test report.....	43
Annex A	(normative) Ethernet test circuits	44
A.1	General.....	44
A.2	Test circuit for Ethernet transceivers for functional tests	44
A.3	Test circuit for Ethernet transceivers for ESD test.....	46
Annex B	(normative) Test circuit boards.....	49
B.1	Test circuit board for transceiver network configuration.....	49
B.2	Test circuit board for single transceiver configuration.....	51
Annex C	(informative) Test of Ethernet transceiver for radiated RF emission and RF immunity	53
C.1	General.....	53
C.2	General configuration for transceiver network	53
C.3	Tests	54
C.3.1	General	54
C.3.2	Emission of radiated RF disturbances.....	58
C.3.3	Immunity to radiated RF disturbances.....	59
Annex D	(informative) Examples for test limits for Ethernet transceiver in automotive application	63
D.1	General.....	63
D.2	Emission of conducted RF disturbances.....	63
D.3	Immunity to conducted RF disturbances.....	64
D.4	Immunity to impulses	68
D.5	Electrostatic discharge (ESD)	68
D.6	Emission of radiated RF disturbances	69
D.7	Immunity to radiated RF disturbances	70
Annex E	(informative) Characterization of common mode chokes for EMC evaluation of Ethernet transceivers	72
E.1	General.....	72
E.2	Test	72
E.2.1	General	72
E.2.2	S-parameter measurement mixed mode.....	73
E.2.3	ESD damage	80
E.2.4	Saturation test at RF disturbances.....	82
E.2.5	Saturation test at ESD	85
E.2.6	TDR measurement of differential mode impedance	87
Annex F	(informative) Characterization of ESD suppression devices for EMC evaluation of Ethernet transceivers	89
F.1	General.....	89
F.2	Test	90
F.2.1	General	90
F.2.2	S-parameter measurement mixed mode.....	91
F.2.3	ESD damage	97
F.2.4	ESD discharge current measurement.....	100
F.2.5	Test of unwanted clamping effect at RF immunity tests.....	104
Bibliography		108
Figure 1	– Minimum MDI interface test network (Min-BIN).....	16
Figure 2	– Standard MDI interface test network (Std-BIN).....	16

Figure 3 – Optimized MDI interface test network (Opt-BIN)	16
Figure 4 – General test configuration for tests in transceiver network for conducted tests	17
Figure 5 – General test configuration for unpowered ESD test	18
Figure 6 – Transceiver network tests – coupling ports and networks	19
Figure 7 – Coupling ports and networks for unpowered ESD tests	22
Figure 8 – Principle drawing of the maximum deviation on an I-V characteristic	25
Figure 9 – Test setup for measurement of conducted RF disturbances	27
Figure 10 – Test setup for DPI tests	29
Figure 11 – Test setup for impulse immunity tests	33
Figure 12 – Test setup for powered ESD tests – principle arrangement	36
Figure 13 – Test setup for powered ESD tests – stimulation and monitoring	37
Figure 14 – Test setup for unpowered ESD tests – principle arrangement	38
Figure 15 – Test setup for unpowered ESD tests – stimulation and monitoring for function validation pre and post ESD test	40
Figure A.1 – General drawing of the circuit diagram of test network for 100BASE-T1 and 1000BASE-T1 Ethernet transceivers for functional test using conducted test methods	45
Figure A.2 – General drawing of the circuit diagram of test network for 100BASE-TX Ethernet transceivers for functional test using conducted test methods	46
Figure A.3 – General drawing of the circuit diagram for ESD tests of Ethernet transceivers in powered mode	47
Figure A.4 – General drawing of the circuit diagram for ESD tests of Ethernet transceivers in unpowered mode	48
Figure B.1 – Example of functional conducted test board for Ethernet transceiver ICs (100BASE-T1)	49
Figure B.2 – Example of powered ESD test board for Ethernet transceivers ICs (100BASE-T1)	50
Figure B.3 – Example of unpowered ESD test board for Ethernet transceivers ICs (100BASE-T1), top layer	51
Figure B.4 – Example of unpowered ESD test board for Ethernet transceivers ICs (100BASE-T1), bottom layer	51
Figure C.1 – General test configuration for tests in transceiver network used for radiated tests	53
Figure C.2 – General drawing of the circuit diagram of test network for 100BASE-T1 and 1000BASE-T1 Ethernet transceivers for functional test using radiated RF test methods	55
Figure C.3 – Example of functional radiated test board for Ethernet transceiver ICs (100BASE-T1), top layer (DUT side)	56
Figure C.4 – Example of functional radiated test board for Ethernet transceiver ICs (100BASE-T1), bottom layer (external circuitry side)	57
Figure C.5 – Test setup for measurement of radiated RF emission	58
Figure C.6 – Test setup for radiated RF immunity tests	60
Figure D.1 – Example of limits for conducted RF emission – MDI Opt-BIN, V_{BAT} and WAKE	63
Figure D.2 – Example of limits for conducted RF emission – local supplies	64
Figure D.3 – Example of limits for conducted RF immunity for functional status class A _{IC} – MDI Opt-BIN	65

Figure D.4 – Example of limits for conducted RF immunity for functional status class A _{IC} – V _{BAT} and WAKE.....	65
Figure D.5 – Example of limits for conducted RF immunity for functional status class C _{IC} or D _{IC} – MDI Opt-BIN	67
Figure D.6 – Example of limits for conducted RF immunity for functional status class C _{IC} or D _{IC} – V _{BAT} and WAKE	67
Figure D.7 – Example of limits for radiated RF emission for IC stripline with 6,7 mm active conductor height.....	69
Figure D.8 – Example of limits for radiated RF immunity	70
Figure E.1 – General electrical drawing of a CMC	72
Figure E.2 – Test setup for S-parameter measurements at CMC.....	73
Figure E.3 – Example of test board 4-port S-parameter measurement at CMC – mixed mode, top layer.....	74
Figure E.4 – Example of test board 3-port S-parameter measurement at CMC – single ended, top layer.....	74
Figure E.5 – Recommended characteristics for S_{dd11} , S_{dd22} (RL) for CMC.....	77
Figure E.6 – Recommended characteristics for S_{dd21} (IL) for CMC.....	78
Figure E.7 – Recommended characteristics for S_{cc21} (CMR) for CMC	78
Figure E.8 – Recommended characteristics for S_{dc11} , S_{dc22} (LCL) for CMC	79
Figure E.9 – Recommended characteristics for S_{sd21} , S_{sd12} (DCMR) and S_{ds21} , S_{ds12} (CDMR) for CMC	79
Figure E.10 – Test setup for ESD damage tests at CMC	80
Figure E.11 – Example of ESD test board for CMC, top layer.....	81
Figure E.12 – Test setup for RF saturation measurements at CMC	83
Figure E.13 – Example of RF saturation / S-parameter test board for CMC, top layer.....	83
Figure E.14 – Test setup for ESD saturation measurements at CMC.....	85
Figure E.15 – Example of ESD saturation test board for CMC, top layer	85
Figure E.16 – Example of ESD saturation tests results for CMC.....	87
Figure E.17 – Test setup for TDR measurement at CMC	87
Figure E.18 – Example of TDR test board for CMC, top layer.....	88
Figure F.1 – Arrangement of ESD suppression device within the 100BASE-T1 and 1000BASE-T1 MDI interface	90
Figure F.2 – Test setup for S-parameter measurements at ESD suppression device	91
Figure F.3 – Example of test board 4-port S-parameter measurement for ESD suppression device – mixed mode, top layer.....	92
Figure F.4 – Example of test board 3-port S-parameter measurement for ESD suppression device – single ended, top layer.....	92
Figure F.5 – Recommended characteristics for S_{dd11} (RL) for ESD suppression device	95
Figure F.6 – Recommended characteristics for S_{dd21} (IL) for ESD suppression device.....	95
Figure F.7 – Recommended characteristics for S_{sd21} (DCMR) for ESD suppression device	96
Figure F.8 – Test setup for ESD damage tests at ESD suppression device	97
Figure F.9 – Example of ESD test board for ESD suppression device, top layer.....	98
Figure F.10 – Test setup for ESD discharge current measurement at ESD suppression device.....	100

Figure F.11 – Example of ESD discharge current test board for ESD suppression device, top and bottom layer	101
Figure F.12 – Example of test results and recommended limits for remaining ESD discharge current after the MDI test network for ESD suppression device	103
Figure F.13 – Test setup for RF clamping test at ESD suppression device	104
Figure F.14 – Example of test board RF clamping test at suppression device, top layer	105
Figure F.15 – Recommended test power levels for RF clamping tests at ESD suppression device	107
Table 1 – Overview of measurements and tests	13
Table 2 – Supply and ambient conditions for functional operation	14
Table 3 – Definition for transceiver configuration for normal operation mode	15
Table 4 – Definition for transceiver mode configuration for low power mode	15
Table 5 – Selection recommendation of MII interfaces for transceiver network configuration	18
Table 6 – Transceiver network tests – component value definitions of coupling ports and networks	20
Table 7 – Definitions of coupling ports for unpowered ESD tests	22
Table 8 – Definition for transceiver mode configuration for normal operation mode	23
Table 9 – Evaluation criteria for Ethernet transceiver	24
Table 10 – Definition of functional status classes	25
Table 11 – Settings of the conducted RF measurement equipment	27
Table 12 – Conducted emission measurements	28
Table 13 – Specifications for DPI tests	30
Table 14 – DPI tests for functional status class A _{IC} evaluation of Ethernet transceivers	31
Table 15 – DPI tests for functional status class C _{IC} or D _{IC} evaluation of Ethernet transceivers	32
Table 16 – Specifications for impulse immunity tests	34
Table 17 – Parameters for impulse immunity test	34
Table 18 – Impulse immunity tests for functional status class A _{IC} evaluation of Ethernet transceivers	35
Table 19 – Impulse immunity tests for functional status class C _{IC} or D _{IC} evaluation of Ethernet transceivers	35
Table 20 – Specifications for ESD tests	41
Table 21 – ESD tests in powered mode for functional status class A _{IC} , C _{IC} and D _{IC} evaluation of Ethernet transceivers	42
Table 22 – ESD tests in unpowered mode for functional status class D _{IC} evaluation of Ethernet transceiver ICs	43
Table B.1 – Parameter ESD test circuit board	52
Table C.1 – Settings of the radiated RF measurement equipment	59
Table C.2 – Radiated RF emission measurements	59
Table C.3 – Specifications for radiated RF immunity tests	61
Table C.4 – Radiated RF immunity tests for functional status class A _{IC} evaluation of Ethernet transceivers	62
Table D.1 – Example of limits for conducted RF emission – test cases with recommended limit classes	64

Table D.2 – Example of limits for conducted RF immunity – test cases with recommended limit classes for functional status class A _{IC}	66
Table D.3 – Example of limits for conducted RF immunity – test cases with recommended limit classes for functional status class C _{IC} or D _{IC}	68
Table D.4 – Example of limits for impulse immunity – Class I	68
Table D.5 – Example of limits for impulse immunity – test cases with recommended limit classes for functional status class C _{IC} or D _{IC}	68
Table D.6 – Example of limits for powered and unpowered ESD tests – test cases with recommended limits for functional status class A1 _{IC} , A2 _{IC} , A3 _{IC} , C _{IC} or D _{IC}	69
Table D.7 – Example of limits for radiated RF emission – test cases with recommended limit classes	70
Table D.8 – Example of limits for radiated RF immunity – test cases with recommended limit classes	71
Table E.1 – Test procedure and parameters for 3-port test board characterization for CMC	75
Table E.2 – Test procedure and parameters for S-parameter measurements at CMC	76
Table E.3 – Required S-parameter measurements for CMC	77
Table E.4 – Test parameters for ESD damage tests at CMC	81
Table E.5 – Required ESD tests for damage for CMC	82
Table E.6 – Test procedure and parameters for RF saturation tests at CMC	84
Table E.7 – Required RF saturation tests for CMC	84
Table E.8 – Test procedure and parameters for ESD saturation tests at CMC	86
Table E.9 – Required ESD saturation tests for CMC	86
Table E.10 – ESD saturation break down voltage classes for CMC	86
Table E.11 – Test procedure and parameters for TDR measurement at CMC	88
Table E.12 – Required TDR measurements for CMC	88
Table F.1 – Specification of ESD suppression device	89
Table F.2 – Test procedure and parameters for 3-port test board characterization for ESD suppression device	93
Table F.3 – Test procedure and parameters for S-parameter measurements at ESD suppression device	94
Table F.4 – Required S-parameter measurements for ESD suppression device	94
Table F.5 – Test parameters for ESD damage tests at ESD suppression device	99
Table F.6 – Required ESD tests for damage for ESD suppression device	99
Table F.7 – Test parameters for ESD discharge current measurement at ESD suppression device	102
Table F.8 – Required current measurement for ESD suppression device	102
Table F.9 – Recommended limits for remaining ESD discharge current after the MDI test network for ESD suppression device	103
Table F.10 – Limit classes and related applied ESD test voltages	104
Table F.11 – Test procedure and parameters for RF clamping tests at ESD suppression device	106
Table F.12 – Required RF clamping tests for ESD suppression device	107

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INTEGRATED CIRCUITS – EMC EVALUATION OF TRANSCEIVERS –

Part 5: Ethernet transceivers

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 62228-5 has been prepared by subcommittee 47A: Integrated circuits, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

Draft	Report on voting
47A/1115/FDIS	47A/1117/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTEGRATED CIRCUITS – EMC EVALUATION OF TRANSCEIVERS –

Part 5: Ethernet transceivers

1 Scope

This part of IEC 62228 specifies test and measurement methods for EMC evaluation of Ethernet transceiver ICs under network condition. It defines test configurations, test conditions, test signals, failure criteria, test procedures, test setups and test boards. It is applicable for transceiver of the Ethernet systems

- 100BASE-T1 according to ISO/IEC/IEEE 8802-3/AMD1;
- 100BASE-TX according to ISO/IEC/IEEE 8802-3;
- 1000BASE-T1 according to ISO/IEC/IEEE 8802-3/AMD4

and covers

- the emission of RF disturbances;
- the immunity against RF disturbances;
- the immunity against impulses;
- the immunity against electrostatic discharges (ESD).

2 Normative references

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

IEC 61967-1, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions – Part 1: General conditions and definitions*

IEC 61967-4, *Integrated circuits – Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz – Part 4: Measurement of conducted emissions, 1 ohm/150 ohm direct coupling method*

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 62215-3, *Integrated circuits – Measurement of impulse immunity – Part 3: Non-synchronous transient injection method*

IEC 62228-1, *Integrated circuits – EMC evaluation of transceivers – Part 1: General conditions and definitions*

ISO 10605, *Road vehicles – Test methods for electrical disturbances from electrostatic discharge*

ISO 21111-2, *Road vehicles – In-vehicle Ethernet – Part 2: Common physical entity requirements*

ISO 7637-2, *Road vehicles – Electrical disturbances from conduction and coupling – Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Standard for Ethernet*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD1:2017, *Amendment 1 – Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Standard for Ethernet – Physical layer specifications and management parameters for 100 Mb/s operation over a single balanced twisted pair cable (100BASE-T1)*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD4:2017, *Amendment 4 – Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Standard for Ethernet – Physical layer specifications and management parameters for 1 Gb/s operation over a single twisted-pair copper cable*

Electronic Components Industry Association, EIA-198-1, *Ceramic Dielectric Capacitors Classes I, II, III and IV*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	117
1 Domaine d'application	119
2 Références normatives	119
3 Termes, définitions et termes abrégés	120
3.1 Termes et définitions	120
3.2 Termes abrégés	121
4 Généralités	122
5 Conditions d'essai et conditions de fonctionnement	123
5.1 Conditions d'alimentation et conditions ambiantes	123
5.2 Modes de fonctionnement pour l'essai	124
5.2.1 Généralités	124
5.2.2 Configuration de l'émetteur-récepteur en mode fonctionnel normal	124
5.2.3 Configuration de l'émetteur-récepteur en mode basse puissance	124
5.3 Définition du BIN	124
5.4 Configuration d'essai	126
5.4.1 Configuration générale pour un réseau d'émetteur-récepteur	126
5.4.2 Configuration générale pour un émetteur-récepteur unique	127
5.4.3 Essais de réseau d'émetteur-récepteur – ports de couplage et réseaux de couplage pour essais conduits	128
5.4.4 Essais d'émetteur-récepteur individuel – ports de couplage et réseaux de couplage	130
5.5 Communication et signaux d'essai	131
5.5.1 Généralités	131
5.5.2 Signaux d'essai pour le mode fonctionnel normal	132
5.5.3 Signaux d'essai pour le mode basse puissance	132
5.6 Critères d'évaluation	132
5.6.1 Généralités	132
5.6.2 Critères d'évaluation des modes fonctionnels	132
5.6.3 Critères d'évaluation en mode passif après exposition aux perturbations	133
5.6.4 Classes d'état	134
5.7 Informations propres au DUT	135
6 Essai et mesure	135
6.1 Emission des perturbations radioélectriques conduites	135
6.1.1 Méthode d'essai	135
6.1.2 Montage d'essai	135
6.1.3 Procédure d'essai et paramètres	136
6.2 Immunité aux perturbations radioélectriques conduites	137
6.2.1 Méthode d'essai	137
6.2.2 Montage d'essai	138
6.2.3 Procédure d'essai et paramètres	139
6.3 Immunité aux impulsions	142
6.3.1 Méthode d'essai	142
6.3.2 Montage d'essai	142
6.3.3 Procédure d'essai et paramètres	143
6.4 Décharge électrostatique (DES)	145
6.4.1 Méthode d'essai	145
6.4.2 Montage d'essai	145

6.4.3	Procédure d'essai et paramètres	151
7	Rapport d'essai	153
Annexe A (normative)	Circuits d'essai Ethernet	154
A.1	Généralités	154
A.2	Circuit d'essai pour les émetteurs-récepteurs Ethernet pour les essais fonctionnels	154
A.3	Circuit d'essai dédié à l'essai de DES des émetteurs-récepteurs Ethernet	157
Annexe B (normative)	Cartes d'essai	161
B.1	Carte d'essai pour la configuration du réseau de l'émetteur-récepteur	161
B.2	Carte d'essai pour la configuration de l'émetteur-récepteur individuel	163
Annexe C (informative)	Essai de l'émetteur-récepteur Ethernet relatif aux émissions radioélectriques rayonnées et à l'immunité aux perturbations radioélectriques rayonnées	165
C.1	Généralités	165
C.2	Configuration générale pour un réseau d'émetteur-récepteur	165
C.3	Essais	166
C.3.1	Généralités	166
C.3.2	Emission des perturbations radioélectriques rayonnées	170
C.3.3	Immunité aux perturbations radioélectriques rayonnées	171
Annexe D (informative)	Exemples de limites d'essai pour les émetteurs-récepteurs Ethernet dans les applications automobiles	175
D.1	Généralités	175
D.2	Emission des perturbations radioélectriques conduites	175
D.3	Immunité aux perturbations radioélectriques conduites	177
D.4	Immunité aux impulsions	180
D.5	Décharge électrostatique (DES)	181
D.6	Emission des perturbations radioélectriques rayonnées	182
D.7	Immunité aux perturbations radioélectriques rayonnées	183
Annexe E (informative)	Caractérisation des bobines d'arrêt de mode commun pour l'évaluation de la CEM des émetteurs-récepteurs Ethernet	184
E.1	Généralités	184
E.2	Essai	184
E.2.1	Généralités	184
E.2.2	Mesure des paramètres S en mode mixte	185
E.2.3	Domages aux DES	192
E.2.4	Essai de saturation aux perturbations radioélectriques	195
E.2.5	Essai de saturation aux DES	197
E.2.6	Mesure TDR de l'impédance en mode différentiel	200
Annexe F (informative)	Caractérisation des dispositifs de suppression des DES pour l'évaluation de la CEM des émetteurs-récepteurs Ethernet	202
F.1	Généralités	202
F.2	Essai	203
F.2.1	Généralités	203
F.2.2	Mesure des paramètres S en mode mixte	204
F.2.3	Domages aux DES	211
F.2.4	Mesure du courant de décharge de DES	214
F.2.5	Essai de l'effet d'écrtage indésirable lors des essais d'immunité aux perturbations radioélectriques	218
Bibliographie		223

Figure 1 – Réseau d'essai d'interface MDI minimale (Min-BIN)	125
Figure 2 – Réseau d'essai d'interface MDI standard (Std-BIN)	125
Figure 3 – Réseau d'essai d'interface MDI optimisée (Opt-BIN)	125
Figure 4 – Configuration d'essai générale pour les essais conduits sur un réseau d'émetteur-récepteur	126
Figure 5 – Configuration d'essai générale pour l'essai de DES en mode passif	128
Figure 6 – Essais de réseau d'émetteur-récepteur – ports de couplage et réseaux de couplage	128
Figure 7 – Ports de couplage et réseaux de couplage pour les essais de DES en mode passif	131
Figure 8 – Ecart maximal sur la caractéristique I-V	134
Figure 9 – Montage d'essai pour la mesure des perturbations radioélectriques conduites	136
Figure 10 – Montage d'essai pour les essais DPI	138
Figure 11 – Montage d'essai pour les essais d'immunité aux impulsions	142
Figure 12 – Montage d'essai pour les essais de DES en mode actif – disposition de principe	146
Figure 13 – Montage d'essai pour les essais de DES en mode actif – stimulation et contrôle	147
Figure 14 – Montage d'essai pour les essais de DES en mode passif – disposition de principe	148
Figure 15 – Montage d'essai pour les essais de DES en mode passif – stimulation et contrôle pour la validation fonctionnelle avant et après l'essai de DES	150
Figure A.1 – Schéma général du circuit du réseau d'essai dédié à l'essai fonctionnel des émetteurs-récepteurs Ethernet 100BASE-T1 et 1000BASE-T1 suivant les méthodes d'essais conduits	155
Figure A.2 – Schéma général du circuit du réseau d'essai dédié à l'essai fonctionnel des émetteurs-récepteurs Ethernet 100BASE-TX suivant les méthodes d'essais conduits	156
Figure A.3 – Schéma général du circuit dédié aux essais de DES des émetteurs-récepteurs Ethernet en mode actif	158
Figure A.4 – Schéma général du circuit dédié aux essais de DES des émetteurs-récepteurs Ethernet en mode passif	159
Figure B.1 – Exemple de carte d'essai fonctionnel en conduit pour les CI émetteurs-récepteurs Ethernet (100BASE-T1)	161
Figure B.2 – Exemple de carte d'essai de DES en mode actif pour les CI des émetteurs-récepteurs Ethernet (100BASE-T1)	162
Figure B.3 – Exemple de carte d'essai de DES en mode passif pour les CI émetteurs-récepteurs Ethernet (100BASE-T1), couche supérieure	163
Figure B.4 – Exemple de carte d'essai de DES en mode passif pour les CI émetteurs-récepteurs Ethernet (100BASE-T1), couche inférieure	163
Figure C.1 – Configuration d'essai générale pour les essais sur un réseau d'émetteur-récepteur dédié aux essais rayonnés	165
Figure C.2 – Schéma général du circuit du réseau d'essai dédié à l'essai fonctionnel des émetteurs-récepteurs Ethernet 100BASE-T1 et 1000BASE-T1 suivant les méthodes d'essais rayonnés aux fréquences radioélectriques	167
Figure C.3 – Exemple de carte d'essai fonctionnel en rayonné pour les CI émetteurs-récepteurs Ethernet (100BASE-T1), couche supérieure (côté DUT)	168

Figure C.4 – Exemple de carte d'essai fonctionnel en rayonné pour les CI émetteurs-récepteurs Ethernet (100BASE-T1), couche inférieure (côté composants externes)	169
Figure C.5 – Montage d'essai pour la mesure des émissions radioélectriques rayonnées	170
Figure C.6 – Montage d'essai pour les essais d'immunité aux perturbations radioélectriques rayonnées	172
Figure D.1 – Exemple de limites pour les émissions radioélectriques conduites – MDI - Opt-BIN, V_{BAT} et WAKE	175
Figure D.2 – Exemple de limites pour les émissions radioélectriques conduites – alimentations locales	176
Figure D.3 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques conduites relatives à la classe d'état fonctionnel A_{IC} – MDI - Opt-BIN	177
Figure D.4 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques conduites relatives à la classe d'état fonctionnel A_{IC} – V_{BAT} et WAKE	178
Figure D.5 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques conduites relatives à la classe d'état fonctionnel C_{IC} ou D_{IC} – MDI - Opt-BIN	179
Figure D.6 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques conduites relatives à la classe d'état fonctionnel C_{IC} ou D_{IC} – V_{BAT} et WAKE	180
Figure D.7 – Exemple de limites pour les émissions radioélectriques rayonnées en utilisant une ligne TEM à plaques (stripline) pour CI avec une hauteur de conducteur actif de 6,7 mm	182
Figure D.8 – Exemple de limites pour les essais d'immunité aux perturbations radioélectriques rayonnées	183
Figure E.1 – Schéma électrique général d'une CMC	185
Figure E.2 – Montage d'essai pour les mesures des paramètres S au niveau de la CMC	185
Figure E.3 – Exemple de carte d'essai à 4 ports pour la mesure des paramètres S au niveau de la CMC – mode mixte, couche supérieure	186
Figure E.4 – Exemple de carte d'essai à 3 ports pour la mesure des paramètres S au niveau de la CMC – terminaison unique, couche supérieure	186
Figure E.5 – Caractéristiques recommandées pour S_{dd11} , S_{dd22} (RL) relatives à la CMC	189
Figure E.6 – Caractéristiques recommandées pour S_{dd21} (IL) relatives à la CMC	190
Figure E.7 – Caractéristiques recommandées pour S_{cc21} (CMR) relatives à la CMC	190
Figure E.8 – Caractéristiques recommandées pour S_{dc11} , S_{dc22} (LCL) relatives à la CMC	191
Figure E.9 – Caractéristiques recommandées pour S_{sd21} , S_{sd12} (DCMR) et S_{ds21} , S_{ds12} (CDMR) relatives à la CMC	191
Figure E.10 – Montage d'essai pour les essais de dommages aux DES au niveau de la CMC	192
Figure E.11 – Exemple de carte d'essai de DES pour la CMC, couche supérieure	193
Figure E.12 – Montage d'essai pour les mesures de saturation RF au niveau de la CMC	195
Figure E.13 – Exemple de carte d'essai pour la saturation RF / les paramètres S de la CMC, couche supérieure	196
Figure E.14 – Montage d'essai pour les mesures de saturation aux DES au niveau de la CMC	197

Figure E.15 – Exemple de carte d'essai de saturation aux DES de la CMC, couche supérieure	198
Figure E.16 – Exemple de résultats d'essais de saturation aux DES pour la CMC.....	199
Figure E.17 – Montage d'essai pour les mesures TDR au niveau de la CMC.....	200
Figure E.18 – Exemple de carte d'essai pour la TDR de la CMC, couche supérieure	200
Figure F.1 – Disposition du dispositif de suppression des DES sur les interfaces MDI 100BASE-T1 et 1000BASE-T1	204
Figure F.2 – Montage d'essai pour les mesures des paramètres S au niveau du dispositif de suppression des DES	205
Figure F.3 – Exemple de carte d'essai à 4 ports pour la mesure des paramètres S sur le dispositif de suppression des DES – mode mixte, couche supérieure	206
Figure F.4 – Exemple de carte d'essai à 3 ports pour la mesure des paramètres S sur le dispositif de suppression des DES – terminaison unique, couche supérieure	206
Figure F.5 – Caractéristiques recommandées pour S_{dd11} (RL) pour le dispositif de suppression des DES.....	209
Figure F.6 – Caractéristiques recommandées pour S_{dd21} (IL) pour le dispositif de suppression des DES.....	209
Figure F.7 – Caractéristique recommandée pour S_{sd21} (DCMR) pour le dispositif de suppression des DES.....	210
Figure F.8 – Montage d'essai pour les essais de dommages aux DES du dispositif de suppression des DES.....	211
Figure F.9 – Exemple de carte d'essai de DES pour le dispositif de suppression des DES, couche supérieure	212
Figure F.10 – Montage d'essai pour la mesure du courant de décharge des DES au niveau du dispositif de suppression des DES.....	214
Figure F.11 – Exemple de carte d'essai de mesure du courant de décharge de DES pour le dispositif de suppression des DES, couches supérieure et inférieure	215
Figure F.12 – Exemple de résultats d'essai et limites recommandées pour le courant de décharge de DES résiduel après le réseau d'essai MDI pour le dispositif de suppression des DES.....	217
Figure F.13 – Configuration d'essai pour l'essai d'écrêtage RF au niveau du dispositif de suppression des DES.....	219
Figure F.14 – Exemple de carte d'essai pour l'essai d'écrêtage RF au niveau du dispositif de suppression des DES, couche supérieure	220
Figure F.15 – Niveaux de puissance d'essai recommandés pour les essais d'écrêtage RF au niveau du dispositif de suppression des DES	222
Tableau 1 – Vue d'ensemble des mesures et essais	122
Tableau 2 – Conditions d'alimentation et conditions ambiantes pour le fonctionnement	123
Tableau 3 – Définition de la configuration de l'émetteur-récepteur en mode fonctionnel normal	124
Tableau 4 – Définition de la configuration de l'émetteur-récepteur en mode basse puissance	124
Tableau 5 – Recommandation pour la sélection des interfaces MII pour la configuration réseau de l'émetteur-récepteur	127
Tableau 6 – Essais de réseau d'émetteur-récepteur – définitions des valeurs des composants pour les ports de couplage et réseaux de couplage	129
Tableau 7 – Définitions des ports de couplage pour les essais de DES en mode passif	131

Tableau 8 – Définition de la configuration de l'émetteur-récepteur en mode fonctionnel normal	132
Tableau 9 – Critères d'évaluation de l'émetteur-récepteur Ethernet	133
Tableau 10 – Définition des classes d'état fonctionnel	134
Tableau 11 – Paramètres des équipements de mesure des émissions radioélectriques conduites	136
Tableau 12 – Mesures des émissions conduites	137
Tableau 13 – Spécifications pour les essais DPI	139
Tableau 14 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC} des émetteurs-récepteurs Ethernet.....	140
Tableau 15 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC} des émetteurs-récepteurs Ethernet	141
Tableau 16 – Spécifications pour les essais d'immunité aux impulsions	143
Tableau 17 – Paramètres de l'essai d'immunité aux impulsions	143
Tableau 18 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC} des émetteurs-récepteurs Ethernet	144
Tableau 19 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC} des émetteurs-récepteurs Ethernet	145
Tableau 20 – Spécifications pour les essais de DES	151
Tableau 21 – Essais de DES en mode actif pour l'évaluation des classes d'état fonctionnel A _{IC} , C _{IC} et D _{IC} des émetteurs-récepteurs Ethernet.....	152
Tableau 22 – Essais de DES en mode passif pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel D _{IC} des CI émetteurs-récepteurs Ethernet.....	153
Tableau B.1 – Paramètres de la carte d'essai de DES	164
Tableau C.1 – Paramètres des équipements de mesure des émissions radioélectriques rayonnées.....	171
Tableau C.2 – Mesures des émissions radioélectriques rayonnées	171
Tableau C.3 – Spécifications pour les essais d'immunité aux perturbations radioélectriques rayonnées	173
Tableau C.4 – Essais d'immunité aux perturbations radioélectriques rayonnées pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC} des émetteurs-récepteurs Ethernet.....	174
Tableau D.1 – Exemple de limites pour les émissions radioélectriques conduites – essais avec classes limites recommandées	176
Tableau D.2 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques conduites – essais avec classes limites recommandées relatives à la classe d'état fonctionnel A _{IC}	178
Tableau D.3 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques conduites – essais avec classes limites recommandées relatives à la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC}	180
Tableau D.4 – Exemple de limites pour l'immunité aux impulsions – Classe I.....	181
Tableau D.5 – Exemple de limites pour l'immunité aux impulsions – essais avec classes limites recommandées relatives à la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC}	181
Tableau D.6 – Exemple de limites pour les essais de DES en modes actif et passif - essais avec limites recommandées relatives à la classe d'état fonctionnel A1 _{IC} , A2 _{IC} , A3 _{IC} , C _{IC} ou D _{IC}	181
Tableau D.7 – Exemple de limites pour les émissions radioélectriques rayonnées – essais avec classes limites recommandées	183

Tableau D.8 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques rayonnées – essais avec classes limites recommandées	183
Tableau E.1 – Procédure d'essai et paramètres pour la caractérisation de la carte d'essai à 3 ports de la CMC	187
Tableau E.2 – Procédure d'essai et paramètres pour les mesures des paramètres S au niveau de la CMC	188
Tableau E.3 – Mesures exigées des paramètres S pour la CMC	189
Tableau E.4 – Paramètres d'essai pour les essais de dommages aux DES au niveau de la CMC.....	194
Tableau E.5 – Essais de DES exigés pour les dommages de la CMC	195
Tableau E.6 – Procédure d'essai et paramètres pour les essais de saturation RF au niveau de la CMC	196
Tableau E.7 – Essais de saturation RF exigés pour la CMC.....	197
Tableau E.8 – Procédure d'essai et paramètres pour les essais de saturation aux DES au niveau de la CMC	198
Tableau E.9 – Essais de saturation aux DES exigés pour la CMC.....	199
Tableau E.10 – Classes de la tension de claquage de la saturation aux DES pour la CMC	199
Tableau E.11 – Procédure d'essai et paramètres pour la mesure TDR au niveau de la CMC	201
Tableau E.12 – Mesures TDR exigées pour la CMC.....	201
Tableau F.1 – Spécifications du dispositif de suppression des DES	202
Tableau F.2 – Procédure d'essai et paramètres pour la caractérisation de la carte d'essai à 3 ports sur le dispositif de suppression des DES.....	207
Tableau F.3 – Procédure d'essai et paramètres pour les mesures des paramètres S au niveau du dispositif de suppression des DES.....	208
Tableau F.4 – Mesures exigées des paramètres S pour le dispositif de suppression des DES	208
Tableau F.5 – Paramètres d'essai pour les essais de dommages aux DES au niveau du dispositif de suppression des DES	213
Tableau F.6 – Essais de DES exigés pour les dommages au niveau du dispositif de suppression des DES.....	214
Tableau F.7 – Paramètres d'essai pour la mesure du courant de décharge des DES au niveau du dispositif de suppression des DES	216
Tableau F.8 – Mesure de courant exigée pour le dispositif de suppression des DES.....	216
Tableau F.9 – Limites recommandées pour le courant de décharge de DES résiduel après le réseau d'essai MDI pour le dispositif de suppression des DES	217
Tableau F.10 – Classes limites et tensions d'essai de DES appliquées correspondantes	218
Tableau F.11 – Procédure d'essai et paramètres pour les essais d'écrêtage RF au niveau du dispositif de suppression des DES	221
Tableau F.12 – Essais d'écrêtage RF exigés pour le dispositif de suppression des DES.....	222

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CIRCUITS INTÉGRÉS –
ÉVALUATION DE LA CEM DES ÉMETTEURS-RÉCEPTEURS –****Partie 5: Émetteurs-récepteurs Ethernet****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 62228-5 a été établie par le sous-comité 47A: Circuits intégrés, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

La présente version bilingue (2021-10) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2021-04.

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous <http://www.iec.ch/standardsdev/publications>.

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

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

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

CIRCUITS INTÉGRÉS – ÉVALUATION DE LA CEM DES ÉMETTEURS-RÉCEPTEURS –

Partie 5: Émetteurs-récepteurs Ethernet

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62228 spécifie les méthodes d'essai et de mesure pour l'évaluation de la compatibilité électromagnétique (CEM) des circuits intégrés (CI) émetteurs-récepteurs Ethernet placés en réseau. Elle définit les configurations d'essai, les conditions d'essai, les signaux d'essai, les critères de défaillance, les procédures d'essai, les montages d'essai et les cartes d'essai. Elle s'applique à l'émetteur-récepteur des systèmes Ethernet:

- 100BASE-T1 conformément à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3/AMD1;
- 100BASE-TX conformément à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3;
- 1000BASE-T1 conformément à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3/AMD4.

et couvre:

- l'émission de perturbations radioélectriques;
- l'immunité aux perturbations radioélectriques;
- l'immunité aux impulsions;
- l'immunité aux décharges électrostatiques (DES).

2 Références normatives

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

IEC 61967-1, *Circuits intégrés – Mesure des émissions électromagnétiques – Partie 1: Conditions générales et définitions*

IEC 61967-4, *Circuits intégrés – Mesure des émissions électromagnétiques, 150 kHz à 1 GHz – Partie 4: Mesure des émissions conduites – Méthode par couplage direct 1 Ω /150 Ω*

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 62215-3, *Circuits intégrés – Mesure de l'immunité aux impulsions – Partie 3: Méthode d'injection de transitoires non synchrones*

IEC 62228-1, *Circuits intégrés – Evaluation de la CEM des émetteurs-récepteurs – Partie 1: Conditions générales et définitions*

ISO 10605, *Véhicules routiers – Méthodes d'essai des perturbations électriques provenant de décharges électrostatiques*

ISO 21111-2, *Road vehicles – In-vehicle Ethernet – Part 2: Common physical entity requirements* (disponible en anglais seulement)

ISO 7637-2, *Véhicules routiers – Perturbations électriques par conduction et par couplage – Partie 2: Perturbations électriques transitoires par conduction uniquement le long des lignes d'alimentation*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Prescriptions spécifiques – Partie 3: Norme pour Ethernet*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD1:2017, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Prescriptions spécifiques – Partie 3: Norme pour Ethernet – Amendement 1: Spécifications de la couche physique et paramètres de management pour une opération de 100 Mb/s sur un câble unique équilibré à paire torsadée (100BASE-T1)*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD4:2017, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Prescriptions spécifiques – Partie 3: Norme pour Ethernet – Amendement 4: Spécifications des couches physiques et paramètres de gestion pour l'exploitation des interfaces à 1 Go/s sur un seul câble de cuivre à paires torsadées*

Electronic Components Industry Association, EIA-198-1, *Ceramic Dielectric Capacitors Classes I, II, III and IV*