

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Integrated circuits – EMC evaluation of transceivers –
Part 3: CAN transceivers**

**Circuits intégrés – Évaluation de la CEM des émetteurs-récepteurs –
Partie 3: Émetteurs-récepteurs CAN**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Integrated circuits – EMC evaluation of transceivers –
Part 3: CAN transceivers**

**Circuits intégrés – Évaluation de la CEM des émetteurs-récepteurs –
Partie 3: Émetteurs-récepteurs CAN**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.200

ISBN 978-2-8322-6639-7

**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.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms, definitions and abbreviated terms	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Abbreviated terms.....	10
4 General	10
5 Test and operating conditions.....	11
5.1 Supply and ambient conditions.....	11
5.2 Test operation modes	12
5.3 Test configuration	12
5.3.1 General test configuration for transceiver network	12
5.3.2 General test configuration for unpowered ESD test.....	13
5.3.3 Transceiver network tests – Coupling ports and networks.....	14
5.3.4 ESD tests – Coupling ports and networks	15
5.4 Test signals	16
5.4.1 General	16
5.4.2 Test signals for normal operation mode	16
5.4.3 Test signal for wake-up from low power mode	18
5.5 Evaluation criteria	22
5.5.1 General	22
5.5.2 Evaluation criteria for functional operation modes.....	22
5.5.3 Evaluation criteria in unpowered condition after exposure to disturbances	28
5.5.4 Status classes	29
6 Test and measurement.....	29
6.1 Emission of RF disturbances.....	29
6.1.1 Test method.....	29
6.1.2 Test setup	29
6.1.3 Test procedure and parameters	30
6.2 Immunity to RF disturbances.....	31
6.2.1 Test method	31
6.2.2 Test setup	31
6.2.3 Test procedure and parameters	32
6.3 Immunity to impulses	37
6.3.1 Test method	37
6.3.2 Test setup	37
6.3.3 Test procedure and parameters	38
6.4 Electrostatic discharge (ESD)	41
6.4.1 Test method	41
6.4.2 Test setup	41
6.4.3 Test procedure and parameters	43
7 Test report.....	44
Annex A (normative) CAN test circuits	45
A.1 General.....	45
A.2 Test circuit for CAN transceivers for functional tests	45

A.3	Test circuit for CAN transceiver for ESD test.....	49
Annex B	(normative) Test circuit boards.....	51
B.1	Test circuit board for functional tests	51
B.2	ESD test	51
Annex C	(informative) Examples for test limits for CAN transceiver in automotive application	53
C.1	General.....	53
C.2	Emission of RF disturbances.....	53
C.3	Immunity to RF disturbances.....	54
C.4	Immunity to impulses	57
C.5	Electrostatic discharge (ESD)	57
Annex D	(informative) Characterization of common mode choke for CAN bus interfaces.....	58
D.1	General.....	58
D.2	Abbreviations.....	58
D.3	CMC test.....	58
D.3.1	General	58
D.3.2	Leakage inductance mismatch measurement.....	59
D.3.3	S-parameter measurement mixed mode.....	63
D.3.4	ESD damage	68
D.3.5	Saturation test at RF disturbances.....	71
Bibliography		74
Figure 1	– General test configuration for tests in transceiver network	13
Figure 2	– General test configuration for unpowered ESD test	13
Figure 3	– Transceiver network tests – coupling ports and networks	14
Figure 4	– Coupling ports and networks for ESD tests	16
Figure 5	– Definition for trigger points and violation masks for CAN transceivers with flexible data rate capability	26
Figure 6	– Principal drawing of the maximum deviation on an I-V characteristic	28
Figure 7	– Test setup for measurement of RF disturbances	30
Figure 8	– Test setup for DPI tests.....	32
Figure 9	– Test setup for impulse immunity tests	37
Figure 10	– Test setup for direct ESD tests – principal arrangement.....	42
Figure 11	– Test setup for direct ESD tests – stimulation and monitoring	43
Figure A.1	– General drawing of the circuit diagram of test network for CAN standard transceivers for functional test.....	47
Figure A.2	– General drawing of the circuit diagram of test network for CAN PN transceivers for functional test	49
Figure A.3	– General drawing of the circuit diagram for direct ESD tests of CAN transceivers in unpowered mode.....	50
Figure B.1	– Example of IC interconnections of CAN signal	51
Figure B.2	– Example of ESD test board for CAN transceivers.....	52
Figure C.1	– Example of limits for RF emission – CAN with bus filter	53
Figure C.2	– Example of limits for RF emission – other global pins	54
Figure C.3	– Example of limits for RF emission – local supplies.....	54

Figure C.4 – Example of limits for RF immunity for functional status class A _{IC} – CAN with bus filter	55
Figure C.5 – Example of limits for RF immunity for functional status class A _{IC} – CAN	55
Figure C.6 – Example of limits for RF immunity for functional status class A _{IC} – other global pins	56
Figure C.7 – Example of limits for RF immunity for functional status class C _{IC} or D _{IC} – CAN with bus filter	56
Figure C.8 – Example of limits for RF immunity for functional status class C _{IC} or D _{IC} – other global pins	57
Figure D.1 – General electrical drawing of a CMC	59
Figure D.2 – Test setup for 2-port S-Parameter measurements for leakage inductance evaluation	59
Figure D.3 – Example of a two-port test board for CMC leakage inductance characterization	60
Figure D.4 – Example of CMC characterization measurement results	63
Figure D.5 – Test setup for S-Parameter measurements	64
Figure D.6 – Example test board S-Parameter measurement – mixed mode, top layer	65
Figure D.7 – Example test board S-Parameter measurement – single ended, top layer	65
Figure D.8 – Recommended characteristics for S _{dd21} (IL)	67
Figure D.9 – Recommended characteristic for S _{cc21} (CMR)	68
Figure D.10 – Recommended characteristic for S _{sd21} and S _{sd12} (DCMR)	68
Figure D.11 – Test setup for ESD damage tests	69
Figure D.12 – Example test board ESD, top layer	70
Figure D.13 – Test setup for RF saturation measurements	71
Figure D.14 – Example RF saturation / S-Parameter test board, top layer	72
Table 1 – Overview of measurements and tests	11
Table 2 – Supply and ambient conditions for functional operation	12
Table 3 – Transceiver network tests – component value definitions of coupling ports and networks	15
Table 4 – Definitions of coupling ports for ESD tests	16
Table 5 – Communication test signal TX1	17
Table 6 – Communication test signal TX2a	17
Table 7 – Communication test signal TX2b	18
Table 8 – Wake-up test signal TX3	18
Table 9 – Communication test signal TX4a	19
Table 10 – Communication test signal TX4b	19
Table 11 – Communication test signal TX4c	19
Table 12 – Communication test signal TX4d	20
Table 13 – Communication test signal TX4e	20
Table 14 – Communication test signal TX4f1	20
Table 15 – Communication test signal TX4f2	21
Table 16 – Communication test signal TX4g	21
Table 17 – Communication test signal TX4h	21
Table 18 – Communication test signal TX4i	22

Table 19 – Evaluation criteria for CAN transceiver standard functions	23
Table 20 – Evaluation criteria for CAN transceivers with partial networking functionality	23
Table 21 – Specific definition for test procedure for evaluation of CAN transceiver partial networking function	24
Table 22 – Evaluation criteria for CAN transceivers with flexible data rate capability.....	25
Table 23 – Definitions for violation masks for CAN transceivers with flexible data rate capability	27
Table 24 – Definition of functional status classes	29
Table 25 – Settings of the RF measurement equipment	31
Table 26 – RF emission measurements	31
Table 27 – Specifications for DPI tests	33
Table 28 – DPI tests for functional status class A _{IC} evaluation of CAN transceiver standard function	34
Table 29 – DPI tests for functional status class A _{IC} evaluation of CAN transceiver partial networking function	35
Table 30 – DPI tests for functional status class A _{IC} evaluation of CAN transceiver CAN FD function	36
Table 31 – DPI tests for functional status class C _{IC} or D _{IC} evaluation of CAN transceivers	36
Table 32 – Specifications for impulse immunity tests	38
Table 33 – Parameters for impulse immunity test	38
Table 34 – Impulse immunity tests for functional status class A _{IC} evaluation of CAN transceiver standard function	39
Table 35 – Impulse immunity tests for functional status class A _{IC} evaluation of CAN transceiver partial networking function	40
Table 36 – Impulse immunity tests for functional status class A _{IC} evaluation of CAN transceiver CAN FD function	40
Table 37 – Impulse immunity tests for functional status class C _{IC} or D _{IC} evaluation of CAN transceivers	41
Table 38 – Specifications for direct ESD tests.....	43
Table 39 – ESD tests in unpowered mode for functional status class D _{IC} evaluation of CAN transceivers	44
Table B.1 – Parameters of ESD test circuit board	52
Table C.1 – Example of limits for impulse immunity for functional status class C _{IC} or D _{IC} ...	57
Table D.1 – Test procedure and parameters for leakage inductance evaluation	61
Table D.2 – Leakage inductance measurements	62
Table D.3 – Leakage inductance mismatch classes	63
Table D.4 – Test procedure and parameters for 3-port test board characterization.....	64
Table D.5 – Test procedure and parameters for S-Parameter measurements.....	66
Table D.6 – Required S-Parameter measurements	67
Table D.7 – Test parameters for ESD damage tests.....	70
Table D.8 – Required ESD tests for damage	71
Table D.9 – Test procedure and parameters for RF saturation tests.....	72
Table D.10 – Required RF saturation tests.....	73

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INTEGRATED CIRCUITS – EMC EVALUATION OF TRANSCEIVERS –

Part 3: CAN 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 62228-3 has been prepared by subcommittee 47A: Integrated circuits, of IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This first edition cancels and replaces the first edition of IEC TS 62228 published in 2007 and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC TS 62228:

- a) introduction of CAN transceivers with partial networking functionality and CAN transceivers with flexible data rate capability and addition of operation modes and test descriptions in the respective subclauses of the document;
- b) introduction of minimal communication network with two CAN transceivers;
- c) update of the test requirements and targets in Annex C;
- d) addition of Annex D for common mode choke characterization.

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

CDV	Report on voting
47A/1050/CDV	47A/1069/RVC

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.

A list of all parts in the IEC 62228 series, published under the general *title Integrated circuits – EMC evaluation of transceivers*, 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 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.

INTEGRATED CIRCUITS – EMC EVALUATION OF TRANSCEIVERS –

Part 3: CAN transceivers

1 Scope

This part of IEC 62228 specifies test and measurement methods for EMC evaluation of CAN 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 CAN standard transceivers, CAN transceivers with partial networking functionality and CAN transceivers with flexible data rate capability and covers

- the emission of RF disturbances,
- the immunity against RF disturbances,
- the immunity against impulses, and
- 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 Ω /150 Ω 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 7637-2, *Road vehicles – Electrical disturbances from conduction and coupling – Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only*

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

ISO 11898-1, *Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1: Data link layer and physical signalling*

ISO 11898-2, *Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 2: High speed medium access unit*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62228-1, IEC 61967-1, IEC 62132-1, as well as the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

global pin

pin that carries a signal or power, which enters or leaves the application board without any active component in between

3.1.2

CAN standard transceiver

transceiver with functionality according to ISO 11898-2 with data rates up to 1 MBit/s and access to RxD and TxD signal

3.1.3

CAN PN transceiver

transceiver with partial networking functionality according to ISO 11898-2 with access to RxD and TxD signal

3.1.4

CAN FD transceiver

transceiver with flexible data rate capability according to ISO 11898-2 with data rates up to 2 MBit/s or 5 Mbit/s and access to RxD and TxD signal

3.1.5

Low Power – standby

transceiver functional operation mode low power with active bus biasing

3.1.6

Low Power – sleep

transceiver functional operation mode low power with inactive bus biasing

3.1.7

Low Power – PN standby

transceiver functional operation mode low power with active bus biasing and frame detection active

3.1.8

Low Power – PN sleep

transceiver functional operation mode low power with inactive bus biasing and frame detection configured

3.1.9

mandatory components, pl

components needed for proper function of IC as specified by the IC manufacturer

3.2 Abbreviated terms

ASIC	application specific integrated circuit
CMC	common mode choke
DUT	device under test
DPI	direct RF power injection
ERR	error
FD	flexible data rate
INH	inhibit
CAN	controller area network
PCB	printed circuit board
PN	partial networking
RxD	receive data
SBC	system base chip
TxD	transmit data
WUF	wake-up frame

4 General

The intention of this document is to evaluate the EMC performance of CAN transceivers under application conditions in a minimal network.

The evaluation of the EMC characteristics of CAN transceivers shall be performed in functional operation modes under network condition for RF emission, RF immunity and impulse immunity tests and on a single transceiver for electrostatic discharge tests.

The aim of these tests is to determine the EMC performance on dedicated pins of the CAN transceiver which are considered as EMC relevant in the application. For a CAN transceiver IC, these pins are CAN_H, CAN_L, V_{BAT} and WAKE. Depending on the IC and its functionality, other pins as for example V_{CC} should be considered as well.

The test methods used for the EMC characterization are based on the international standards for IC EMC tests and are described in Table 1.

Table 1 – Overview of measurements and tests

	Test	Test method	Evaluation	Functional operation mode
Transceiver network	RF emission (EMI)	150 Ω direct coupling (IEC 61967-4)	Spectrum	Normal
				Low Power – standby ^a
	RF immunity (RF)	DPI (IEC 62132-4)	Function	Normal
				Low Power – standby ^a
				Low Power – sleep ^a
	Impulse immunity (IMP)	Non-synchronous transient injection (IEC 62215-3)	Function	Normal
				Low Power – standby ^a
				Low Power – sleep ^a
Single transceiver	ESD	Contact discharge (ISO 10605)	Damage	Unpowered

^a If provided by the implementation.

The 150 Ω direct coupling, DPI and non-synchronous transient injection test methods are chosen for the evaluation of the EMC characteristic of transceivers in network condition. These three test methods are based on the same approach using conductive coupling. Therefore it is possible to use the same test board for all tests in functional operation mode, which reduces the effort and increases the reproducibility and comparability of test results.

The ESD test is performed on single transceiver on a separate test board.

All measurements and tests should be done with soldered transceivers on special test boards as described in Annex B to ensure application like conditions and avoid setup effects by sockets. For automotive applications, test limit examples are described in Annex C.

In general, the test definition is done for stand-alone CAN transceivers. CAN transceiver IP core embedded in SBCs or ASICs shall follow the test methods for single CAN transceivers, adapting test conditions and targets as necessary. Such adaptations shall be done individually for the dedicated IC but shall follow the general definitions.

In order to verify filter effects on the EMC performance of CAN transceivers, configurations with and without a bus filter (e.g. common mode choke, capacitor) at the CAN_H and CAN_L pins are defined in this document. As a consequence, the frequency characteristic of these filter elements shall be taken into account for the interpretation of the test results. See Annex D for more information about common mode choke characterization.

5 Test and operating conditions

5.1 Supply and ambient conditions

For all tests and measurements under operating conditions, the settings are based on systems with 12 V power supply, which is the main application of CAN transceivers. If a transceiver is designed or targeted for other power supply voltages, the test conditions and test targets shall be adapted and documented accordingly. The defined supply and ambient conditions for functional operation are given in Table 2.

Table 2 – Supply and ambient conditions for functional operation

Parameter	Value
Voltage supply V_{BAText}^a	$(14 \pm 0,2)$ V (default)
Voltage supply V_{CCext}^a	$(5 \pm 0,1)$ V (default)
Voltage supply V_{IOext}^a	$(3,3 \pm 0,1)$ V (default)
Test temperature	(23 ± 5) °C
^a V_{ext} means voltage at external terminal on the test board as shown e.g. in Figure A.1.	

For RF emission measurements, the ambient noise floor shall be at least 6 dB below the applied target limit and documented in the test report.

For ESD tests, the requirements of ISO 10605 climatic environmental conditions shall be applied.

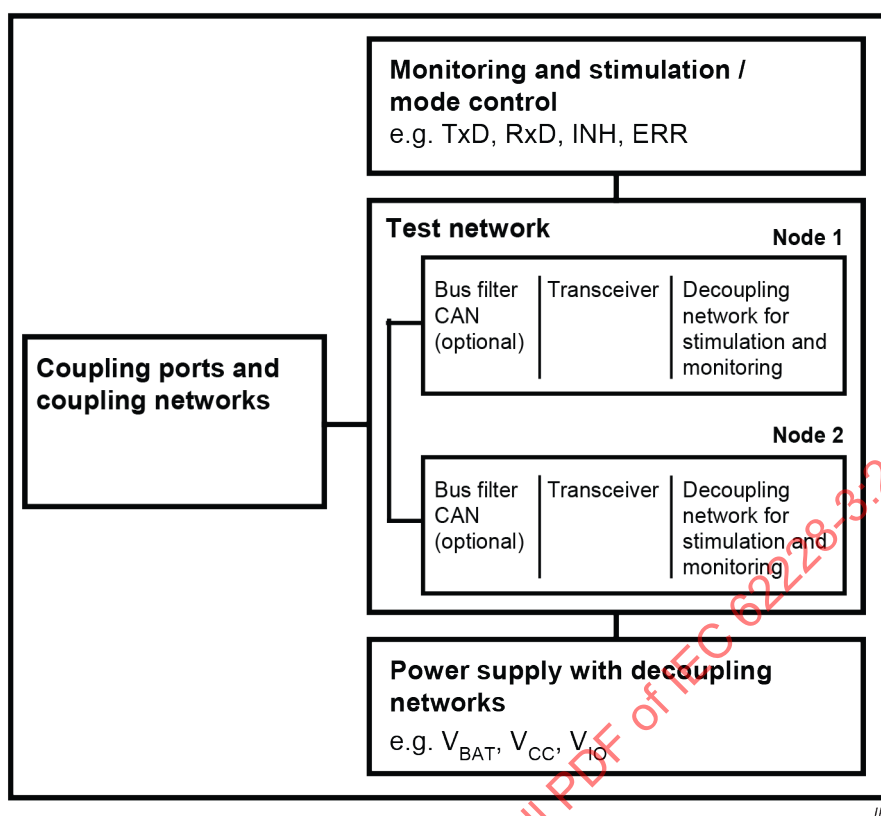
5.2 Test operation modes

The CAN transceivers shall be tested in functional operation modes and unpowered according to Table 1.

5.3 Test configuration

5.3.1 General test configuration for transceiver network

The test configuration in general consists of CAN transceivers with mandatory external components and components for filtering and decoupling (CAN node) in a minimal test network, when filtered power supplies, signals, monitoring probes and coupling networks are connected as shown in Figure 1.



IEC

Figure 1 – General test configuration for tests in transceiver network

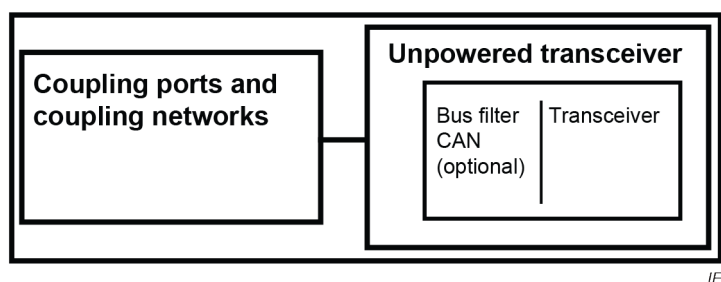
For evaluation of RF emission, RF immunity and impulse immunity characteristic of a CAN transceiver in functional operation mode a minimal CAN test network consisting of two CAN transceivers of same type shall be used.

NOTE In specific cases or for analyses, a deviation from this setup can be agreed between the users of this document and noted in the test report.

General drawings of schematics with more details are given in Annex A.

5.3.2 General test configuration for unpowered ESD test

The general test configuration for unpowered ESD test of CAN transceivers consists of a single CAN transceiver with mandatory external components and components for filtering on a test board with discharge coupling networks as shown in Figure 2.



IEC

Figure 2 – General test configuration for unpowered ESD test

5.3.3 Transceiver network tests – Coupling ports and networks

The coupling ports and coupling networks are used to transfer disturbances to or from the test network with a defined transfer characteristic. The schematic of the coupling ports, networks and pins are shown in Figure 3. The values of the components are depending on the test method and defined in Table 3. The tolerance of the components shall be 1 % or less. For the resistors R_{CP1a} and R_{CP1b} used for symmetrical decoupling, a maximum mismatch of 0,1 % is recommended.

NOTE Components can be selected by measurement of the value.

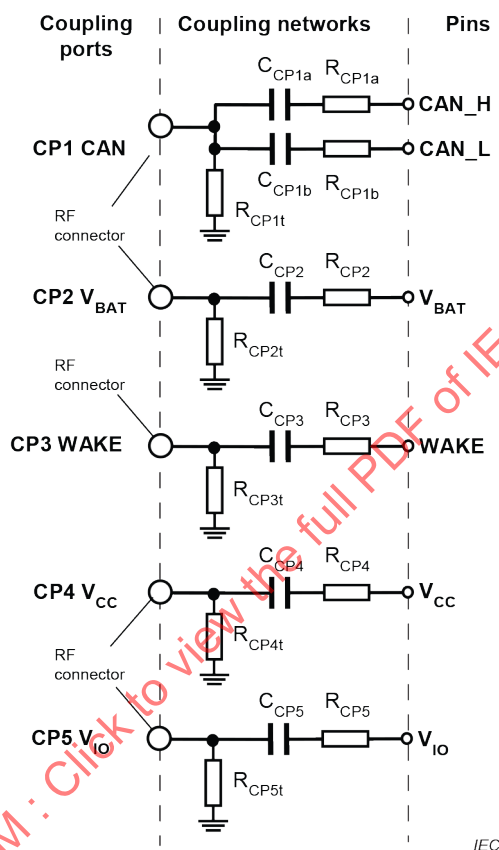


Figure 3 – Transceiver network tests – Coupling ports and networks

Table 3 – Transceiver network tests – Component value definitions of coupling ports and networks

Port	Type	Purpose	Component		
			$R_{CP1..3}$	$C_{CP1..3}$	$R_{CP1..3t}$
CP1	EMI1	RF emission measurement on CAN	$R_{CP1a} = 120 \Omega$ $R_{CP1b} = 120 \Omega$	$C_{CP1a} = 4,7 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 4,7 \text{ nF}$	$R_{CP1t} = 51 \Omega$
	RF1	RF symmetrical coupling for immunity test on CAN	$R_{CP1a} = 120 \Omega$ $R_{CP1b} = 120 \Omega$	$C_{CP1a} = 4,7 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 4,7 \text{ nF}$	not used
	RF1a	RF asymmetrical coupling for immunity test on CAN (+ 20 %)	$R_{CP1a} = 132 \Omega$ $R_{CP1b} = 108 \Omega$	$C_{CP1a} = 4,7 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 4,7 \text{ nF}$	not used
	RF1b	RF asymmetrical coupling for immunity test on CAN (- 20 %)	$R_{CP1a} = 108 \Omega$ $R_{CP1b} = 132 \Omega$	$C_{CP1a} = 4,7 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 4,7 \text{ nF}$	not used
	IMP1	Impulse coupling on CAN	$R_{CP1a} = 0 \Omega$ $R_{CP1b} = 0 \Omega$	$C_{CP1a} = 1 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 1 \text{ nF}$	not used
CP2	EMI2	RF emission measurement on V_{BAT}	$R_{CP2} = 120 \Omega$	$C_{CP2} = 6,8 \text{ nF}$	$R_{CP2t} = 51 \Omega$
	RF2	RF coupling for immunity test on V_{BAT}	$R_{CP2} = 0 \Omega$	$C_{CP2} = 6,8 \text{ nF}$	not used
	IMP2	Impulse coupling on V_{BAT}	$R_{CP2} = 0 \Omega$	shorted	not used
CP3	EMI3	RF emission measurement on WAKE	$R_{CP3} = 120 \Omega$	$C_{CP3} = 6,8 \text{ nF}$	$R_{CP3t} = 51 \Omega$
	RF3	RF coupling for immunity test on WAKE	$R_{CP3} = 0 \Omega$	$C_{CP3} = 6,8 \text{ nF}$	not used
	IMP3	Impulse coupling on WAKE	$R_{CP3} = 0 \Omega$	$C_{CP3} = 1,0 \text{ nF}$	not used
CP4	EMI4	RF emission measurement on V_{CC}	$R_{CP4} = 120 \Omega$	$C_{CP4} = 6,8 \text{ nF}$	$R_{CP4t} = 51 \Omega$
CP5	EMI5	RF emission measurement on V_{IO}	$R_{CP5} = 120 \Omega$	$C_{CP5} = 6,8 \text{ nF}$	$R_{CP5t} = 51 \Omega$
NOTE R_{CP1a} and R_{CP1b} can be combined out of two resistors of the same type. They are intended to simulate a mode conversation in the bus lines.					

The test configurations with coupling ports and coupling networks connected to the CAN test network are given in the general drawing of schematics in Figure A.1.

The characterization of the coupling ports and coupling networks is carried out as follows.

The magnitude of insertion losses (S_{21} measurement) between the ports CP1 to CP5 and the respective transceiver signal pads on the test board shall be measured and documented in the test report. The connection of signal pads using 50Ω coaxial probe directly, and ground connection shall be as short as possible. For this characterization, the coupling port shall be configured for RF immunity or emission test and the CAN transceivers shall be removed. All other components which are directly connected to the coupling port (e.g. filter to power supply or loads) remain on the test board.

5.3.4 ESD tests – Coupling ports and networks

The discharge points are connected by the coupling networks to the CAN transceiver test circuitry. The schematic and definitions of the coupling ports, networks and pins are given in Figure 4 and Table 4.

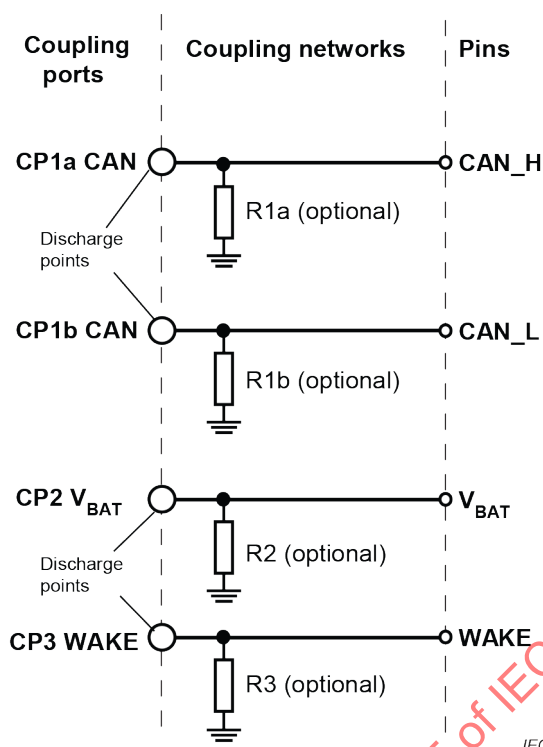


Figure 4 – Coupling ports and networks for ESD tests

Table 4 – Definitions of coupling ports for ESD tests

Port	Type	Purpose	Components
CP1a	ESD1a	ESD coupling on CAN_H	Metal trace for galvanic connection ^a
CP1b	ESD1b	ESD coupling on CAN_L	Metal trace for galvanic connection ^a
CP2	ESD2	ESD coupling on V _{BAT}	Metal trace for galvanic connection ^a
CP3	ESD3	ESD coupling on WAKE	Metal trace for galvanic connection ^a
^a The optional resistors R1a, R1b, R2 and R3 with $R \geq 200 \text{ k}\Omega$ are used to avoid static pre-charge of discharge point caused by the ESD generator. A spark over at these resistors at high test levels shall be avoided. If a static pre-charge is prevented by the ESD generator construction, these resistors are not needed. Alternatively, an external resistor can be used to remove pre-charges of each discharge point before each single test.			

5.4 Test signals

5.4.1 General

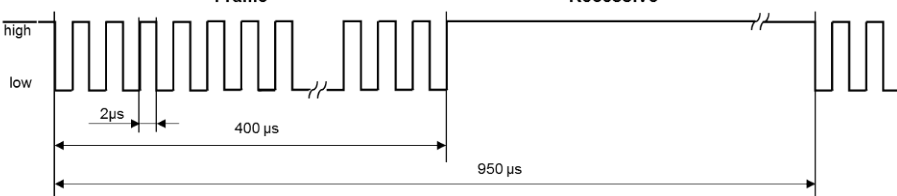
Depending on the transceiver type, different test signals are defined for communication in normal operation mode and wake-up from sleep or standby mode of the CAN transceivers.

5.4.2 Test signals for normal operation mode

5.4.2.1 CAN standard transceiver

The communication test signal TX1 shall be used for testing CAN standard transceivers in normal operation mode. The parameters of this periodical signal are defined in Table 5.

Table 5 – Communication test signal TX1

Test signal	TX1
Signal type	Standard test signal (periodic) 
Frequency	250 kHz
Cycle time	950 µs
Frame length	400 µs
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ or $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (depending on the CAN transceiver)

5.4.2.2 CAN FD

The communication test signal TX2 shall be used for tests of CAN FD transceiver ICs with flexible data rate capability in normal mode. The signal is defined as a CAN frame with the parameters given in Table 6 for CAN FD 2 Mbit/s and Table 7 for CAN FD 5 Mbit/s. Depending on the test target, a section of the frame shown in Figure 5 should be sufficient.

Table 6 – Communication test signal TX2a

Test signal	TX2a
Signal type	2 Mbit/s data frame in FBFF (FD base frame format) according to ISO 11898-1 ^a
CAN clock	40 MHz (tolerance $\pm 0,05 \%$ without jitter)
Bit rate settings	time quantum: $tq_A = tq_D = 25 \text{ ns}$ nominal bit rate: 500 kbit/s (SP at 80 %) data bit rate: 2 Mbit/s (SP at 60 %, SSP at 55 %) TDC = enabled
Transmission type	periodic $\leq 730 \text{ µs}$
CAN-ID	0
Data field	MSB to LSB: 21 bytes (55_{16}), 21 bytes (00_{16}), 21 bytes (FF_{16}), 1 byte (counter increased by 1 per transmission)
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ or $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (depending on the CAN transceiver)
Use a CAN FD controller in error active mode to generate and monitor the CAN FD data frames. To achieve low-jitter, set the oscillator frequency equal to the CAN clock frequency. A signal generator with appropriate timing can be used for Rx mask test to minimize signal jittering.	
^a With a DLC (data length code) of F16 (indicating a 64-byte data field).	

Table 7 – Communication test signal TX2b

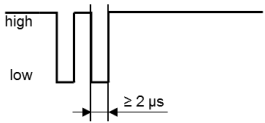
Test signal	TX2b
Signal type	5 Mbit/s data frame in FBFF (FD base frame format) according to ISO 11898-1 ^a
CAN clock	80 MHz (tolerance $\pm 0,05$ % without jitter) default, 40 MHz optional ^b
Bit rate settings	time quantum: $tq_A = tq_D = 12,5$ ns default, 25 ns optional ^b nominal bit rate: 500 kbit/s (SP at 80 %) data bit rate: 5 Mbit/s (SP at 75 %, SSP at 75 %) TDC = enabled
Transmission type	periodic ≤ 380 μ s
CAN-ID	0
Data field	MSB to LSB: 21 bytes (55_{16}), 21 bytes (00_{16}), 21 bytes (FF_{16}), 1 byte (counter increased by 1 per transmission)
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1$ V or $V_{CC} \pm 0,1$ V (depending on the CAN transceiver)
Use a CAN FD controller in error active mode to generate and monitor the CAN FD data frames. To achieve low-jitter, set the oscillator frequency equal to the CAN clock frequency. A signal generator with appropriate timing can be used for Rx mask test to minimize signal jittering. ^a With a DLC (data length code) of F16 (indicating a 64-byte data field). ^b Double time quantum value tq_A and tq_D, leads to lower accuracy.	

5.4.3 Test signal for wake-up from low power mode

5.4.3.1 CAN standard transceiver

The wake-up test signal TX3 shall be used for test of a wanted wake-up from low power mode for CAN standard transceivers. The parameters of this signal are defined in Table 8. It shall be send only once as wake-up request.

Table 8 – Wake-up test signal TX3

Test signal	TX3
Signal type	Standard single wake-up test signal 3 Bit wake-up request 
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1$ V or $V_{CC} \pm 0,1$ V (depending on the transceiver)
ISO 11898-2 defines two different filter times for wake-up at bus ($t_{filter_short} = 150$ ns to $1,8$ μs, $t_{filter_long} = 500$ ns to 5 μs). The TX signal is intended to represent this signal at bus level. If the transceiver does not support this wake-up request signal, it should be adjusted. Alternatively, the same signal with a longer bit time of 5 μs can be used.	

5.4.3.2 CAN PN

The test signals TX4a to TX4h shall be used for tests of CAN transceivers with partial networking functionality. The parameters of the test signals are defined in Table 9 to Table 18.

Table 9 – Communication test signal TX4a

Test signal	TX4a
Signal type	CAN single frame 500 kbit/s
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Parameter CAN ID	CAN ID value: $3C2_{16}$ DLC: 0 byte data: not applicable
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ or $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

Table 10 – Communication test signal TX4b

Test signal	TX4b
Signal type	CAN single frame 500 kbit/s
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Parameter CAN ID	CAN ID value: 784_{16} DLC: 0 byte data: not applicable
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ or $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

Table 11 – Communication test signal TX4c

Test signal	TX4c
Signal type	CAN single frame 500 kbit/s
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Parameter CAN ID	CAN ID value: $18E_{16}$ DLC: 0 byte data: not applicable
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ or $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

Table 12 – Communication test signal TX4d

Test signal	TX4d
Signal type	CAN single frame 500 kbit/s
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Parameter CAN ID	CAN ID value: 43C ₁₆ DLC: 0 byte data: not applicable
Amplitude	V _{IO} ± 0,1 V or V _{CC} ± 0,1 V (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

Table 13 – Communication test signal TX4e

Test signal	TX4e
Signal type	CAN single frame 500 kbit/s
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Parameter CAN ID	CAN ID value: 062 ₁₆ DLC: 0 byte data: not applicable
Amplitude	V _{IO} ± 0,1 V or V _{CC} ± 0,1 V (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

Table 14 – Communication test signal TX4f1

Test signal	TX4f1
Signal type	CAN single frame 500 kbit/s
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	249 kHz (250 kHz – 0,4 %)
Parameter CAN ID	CAN ID value: 07830F0F ₁₆ (extended identifier) DLC: 7 bytes data: 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆
Amplitude	V _{IO} ± 0,1 V or V _{CC} ± 0,1 V (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

Table 15 – Communication test signal TX4f2

Test signal	TX4f2
Signal type	CAN single frame 500 kbit/s with EMC network propagation delay
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	249 kHz (250 kHz – 0,4 %)
Parameter CAN ID	CAN ID value: 07830F0F ₁₆ (extended identifier) every transition from dominant to recessive within the identifier field is delayed by 1 250 ns DLC: 7 bytes data: 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ or $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

Table 16 – Communication test signal TX4g

Test signal	TX4g
Signal type	CAN single frame 500 kbit/s
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	250 kHz
Parameter CAN ID	CAN ID value: 4C7 ₁₆ DLC: 3 bytes data: C7 ₁₆ , 8E ₁₆ , 68 ₁₆
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ or $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

Table 17 – Communication test signal TX4h

Test signal	TX4h
Signal type	CAN frame 500 kbit/s (periodic)
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	250 kHz
Parameter CAN ID	CAN ID value: 4C7 ₁₆ DLC: 3 bytes data: C7 ₁₆ , 8E ₁₆ , 68 ₁₆
Cycle time	1 ms
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ or $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

Table 18 – Communication test signal TX4i

Test signal	TX4i
Signal type	CAN single frame 500 kbit/s
Protocol	ISO 11898-1
Clock frequency	250 kHz
Parameter CAN ID	CAN ID value: $4C8_{16}$ DLC: 3 bytes data: $C7_{16}$, $8E_{16}$, 68_{16}
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ or $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (depending on the transceiver)
NOTE The test signal is generated with a pattern generator.	

5.5 Evaluation criteria

5.5.1 General

For immunity performance evaluation of CAN transceivers, different evaluation criteria are defined during and after exposure to disturbances.

CAN transceivers with access to RxD and TxD shall be tested following the definitions for CAN standard transceivers even if they have additional functionality (e.g. System Base Chip). If necessary for the test purpose, some other functions of such ICs can be used for monitoring.

The resulting functional status of the CAN transceiver shall be classified in status classes A_{IC} , C_{IC} or D_{IC} according to IEC 62132-1 following the definitions in 5.5.4.

5.5.2 Evaluation criteria for functional operation modes

5.5.2.1 General

The evaluation criteria for functional operation modes for CAN transceivers are defined in Table 19 to Table 22.

The specified boundary values shall be used for failure monitoring. The failure validation applies to all transceivers in the test network if not otherwise defined. As soon as a transceiver under test violates the specific boundary values, an error event for this test case is generated. The reference values of the monitored signals depend on the transceiver under test and shall be captured in undisturbed conditions before the test for CAN standard tests and CAN partial networking tests. These reference signals combined with the boundary values are used to generate the failure validation masks. Deviations from the defined boundary values can be agreed and shall be noted in the test report.

5.5.2.2 CAN transceiver standard functionality

CAN transceiver standard functions are evaluated according to Table 19.

Table 19 – Evaluation criteria for CAN transceiver standard functions

Transceiver mode	Purpose	Test signal	Monitoring condition		Maximum variations voltage/time		
			Trigger ^c	Observation window	RxD	ERR	INH
Normal	communication and cross talk	TX1	first falling edge of TX1 signal	-11 μs to +9 μs	$\pm 0,25 \times V_{IO} / \pm 0,2 \mu s$	$\pm 0,25 \times V_{IO} / -_a$	$-5,0 V / -_a$
Standby	cross talk	without	auto trigger	20 μs	-	-	$-5,0 V / -_a$
	unwanted wake-up	without	auto trigger	20 μs	$\pm 0,25 \times V_{IO} / -_a$	-	-
	wanted wake-up ^b	TX3	first rising edge of TX3 signal	0 μs to +500 μs	$\pm 0,25 \times V_{IO} / -_d$	-	-
Sleep	unwanted wake-up	without	auto trigger	20 μs	-	-	$+3,0 V / -_a$
	wanted wake-up ^b	TX3	first rising edge of TX3 signal	0 μs to +500 μs	-	-	$\pm 3,0 V / -_d$

Different boundary values can be agreed for special cases and shall be noted in the test report.

^a Static signal, independent of the duration.

^b One transceiver (DUT) of the test network is set to low power mode. The second transceiver is in normal mode and sends the test signal TX3 to be detected as wake-up by the DUT. Only the DUT is monitored and shall wake-up after the last dominant to recessive transition of test signal TX3.

^c The trigger level is defined to 50 % of V_{IO} .

^d DUT (node2) shall wake-up no earlier than 0,15 μ s after the second falling edge of TX3 and no later than 200 μ s after the end of TX3. If the transceiver does not support this short wake-up time, the observation window shall be extended according to the data sheet.

5.5.2.3 CAN transceiver with partial networking functionality

CAN transceivers with partial networking functionality are evaluated according to Table 20.

Table 20 – Evaluation criteria for CAN transceivers with partial networking functionality

Transceiver mode	Purpose	Test signal	Monitoring condition		Maximum variations voltage/time	
			Trigger	Observation window	RxD	INH
Low Power – PN standby	unwanted wake-up ^b	TX4h	auto trigger	5 ms	$\pm 0,25 \times V_{IO} /$ – ^a	–
Low Power – PN sleep	t silence time out function ^b	TX4i, TX4g	last falling edge of Tx4g	–2 ms to +3 ms	–	+3,0 V / – ^a
	wanted wake-up ^b	TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f1	last rising edge of TX4f1 signal	–0,8 ms to +1,2 ms	–	$\pm 3,0 \text{ V} /$ – ^b
	wanted wake-up ^{b, c}	TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f2	last rising edge of TX4f2 signal	–0,8 ms to +1,2 ms	–	$\pm 3,0 \text{ V} /$ – ^b

Different boundary values can be agreed for special cases and shall be noted in the test report.

^a Static signal, independent of the duration.

^b One transceiver (DUT) of the test network is set to low power mode. The second transceiver is in normal mode and sends the test signals. Only the DUT is monitored and shall behave as specified in Table 21.

^c Wanted wake-up with EMC network propagation delay.

For immunity test of CAN transceivers with partial networking functionality a specific test procedure according to Table 21 is defined.

Table 21 – Specific definition for test procedure for evaluation of CAN transceiver partial networking function

Transceiver mode/purpose	Intension of test	Test procedure
Low Power – PN standby / unwanted wake-up	DUT shall not wake-up with active selective wake-up function and applied disturbances.	– configure DUT (node 2) with WUF: CAN ID = do not care; DLC = 3; data field: 38₁₆, 71₁₆, 97₁₆ Remark: Inverted data field of test signal TX4h – set DUT into PN Standby mode – apply disturbances – node 1 transmits test signal TX4h with 1 ms waiting time between the test frames – evaluation: DUT (node 2) shall not wake-up
Low Power – PN sleep / t_{SILENCE} time out function	synchronized DUT shall not wake-up with only one WUF, after having entered the PN Sleep mode with t_{SILENCE} expired. This is an indication that the DUT enters PN Sleep mode even with applied disturbances.	– configure DUT (node 2) with WUF with parameter of test signal TX4g – set DUT into PN Sleep mode – apply disturbances – node 1 transmits five times (5x) test signal TX4i with 150 μs waiting time between the test frames for synchronization – wait till maximum value of $t_{\text{SILENCE}} = 1,2$ s expired – node 1 transmits one time (1x) test signal TX4g – evaluation: DUT (node 2) shall not wake-up
Low Power – PN sleep / wanted wake-up	DUT shall wake-up with active selective wake-up function and applied disturbances, if the configured WUF is transmitted.	– configure DUT (node 2) with WUF with parameter of test signal TX4f1 – set DUT into PN Sleep mode – apply disturbances – node 1 transmits test signal TX4a, TX4b, TX4c, TX4d and TX4e with 200 μs waiting time between the test frames for synchronization – no communication for 500 ms (smaller than the minimum value of $t_{\text{SILENCE}} = 600$ ms) – node 1 transmits one time (1x) the WUF test signal TX4f1 or TX4f2 (depending on specific test case) – evaluation: DUT (node 2) is not allowed to wake-up before end of CRC delimiter of WUF and shall wake-up latest 200 μs after the CRC delimiter of WUF

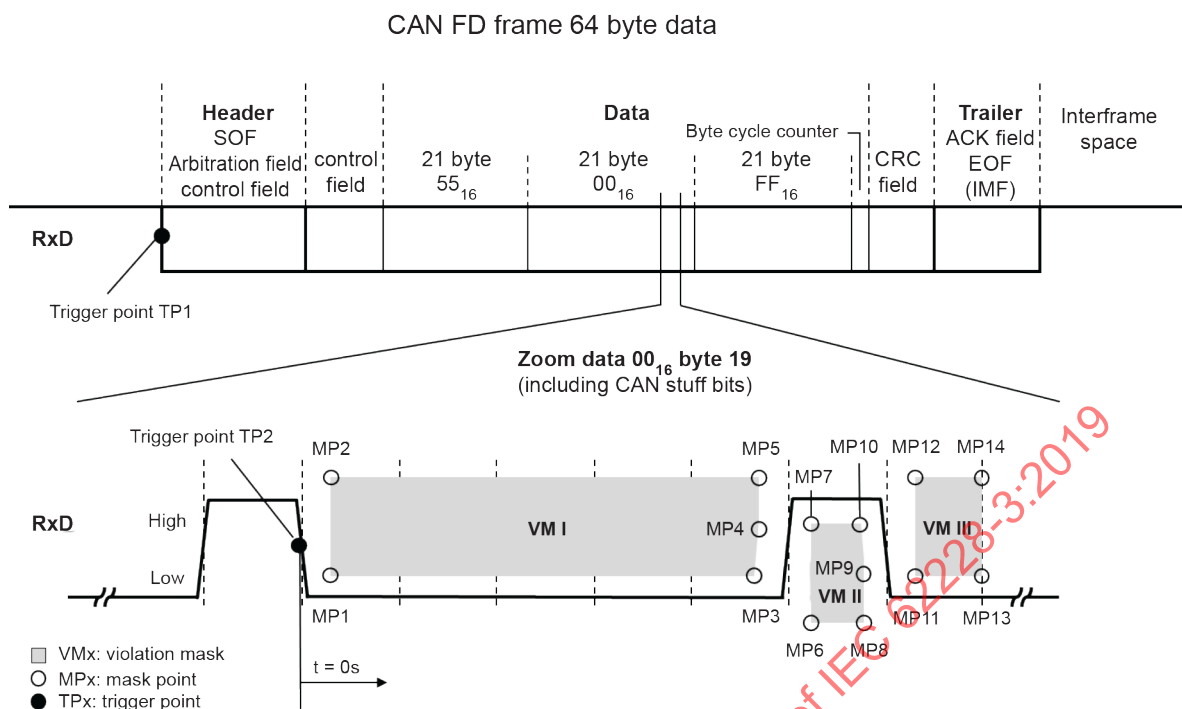
5.5.2.4 CAN transceiver with flexible data rate capability

CAN transceivers with flexible data rate capability are evaluated according to Table 22.

Table 22 – Evaluation criteria for CAN transceivers with flexible data rate capability

Transceiver mode	Purpose	Test signal	Monitoring condition		Maximum variations voltage/time	CAN network communication check
			Trigger ^b	Observation window	RxD ^c	
Normal FD 2 Mbit/s	loop back transmitter	TX2a	TP1: first falling edge RxD start of frame	–1 µs to +4 µs	RxD transmitter see Figure 5 and Table 23	error indication ^a
	communication receiver	TX2a	TP2: falling edge RxD data byte19, 210 µs after start of frame		RxD receiver see Figure 5 and Table 23	error indication ^a
Normal FD 5 Mbit/s	loop back transmitter	TX2b	TP1: first falling edge RxD start of frame	–0,4 µs to +1,6 µs	RxD transmitter see Figure 5 and Table 23	error indication ^a
	communication receiver	TX2b	TP2: falling edge RxD data byte19, 106 µs after start of frame		RxD receiver see Figure 5 and Table 23	error indication ^a
Different boundary values can be agreed for special cases and shall be noted in the test report.						
^a Evaluation of CAN TX error counter (TEC > 0) and RX error counter (REC > 0) indicated by the CAN communication controller of both nodes in the test network. In addition, a loss of messages (no message received in the defined cycle) should be checked.						
^b The trigger level is defined to 50 % of V _{IO} .						
^c The analog bandwidth used for monitoring the RxD signal should be reduced by either RC filter or digital storage oscilloscope (DSO) with an approximate bandwidth limitation of 200 MHz to 250 MHz.						

Additional definitions for trigger points and failure violation masks are given in Figure 5 and Table 23.



IEC

Figure 5 – Definition for trigger points and violation masks for CAN transceivers with flexible data rate capability

**Table 23 – Definitions for violation masks for CAN transceivers
with flexible data rate capability**

Violation mask point	Voltage/Time				Comment for time definition
	FD 2 Mbit/s Loop back Transmitter	FD 2 Mbit/s Communication Receiver	FD 5 Mbit/s Loop back Transmitter	FD 5 Mbit/s Communication Receiver	
MP1	$0,25 \times V_{IO} / 0,100 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 0,100 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 0,040 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 0,040 \mu s$	absolute setting
MP2	$1,25 \times V_{IO} / 0,100 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 0,100 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 0,040 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 0,040 \mu s$	absolute setting
MP3	$0,25 \times V_{IO} / 2,439 \mu s + CV1$	$0,25 \times V_{IO} / 2,419 \mu s + CV2$	$0,25 \times V_{IO} / 0,970 \mu s + CV1$	$0,25 \times V_{IO} / 0,965 \mu s + CV2$	$5 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 1 ^a – CAN clock tolerance ^b + correction value CVx ^c – RxD slope ^e
MP4	$0,70 \times V_{IO} / 2,448 \mu s + CV1$	$0,70 \times V_{IO} / 2,428 \mu s + CV2$	$0,70 \times V_{IO} / 0,979 \mu s + CV1$	$0,70 \times V_{IO} / 0,974 \mu s + CV2$	$5 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 1 ^a – CAN clock tolerance ^b + correction value CVx ^c
MP5	$1,25 \times V_{IO} / 2,448 \mu s + CV1$	$1,25 \times V_{IO} / 2,428 \mu s + CV2$	$1,25 \times V_{IO} / 0,979 \mu s + CV1$	$1,25 \times V_{IO} / 0,974 \mu s + CV2$	$5 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 1 ^a – CAN clock tolerance ^b + correction value CVx ^c
MP6	$-0,5 V / 2,602 \mu s + CV1$	$-0,5 V / 2,632 \mu s + CV2$	$-0,5 V / 1,081 \mu s + CV1$	$-0,5 V / 1,091 \mu s + CV2$	$5 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 2 ^a + CAN clock tolerance ^b + correction value CVx ^c
MP7	$0,75 \times V_{IO} / 2,602 \mu s + CV1$	$0,75 \times V_{IO} / 2,632 \mu s + CV2$	$0,75 \times V_{IO} / 1,081 \mu s + CV1$	$0,75 \times V_{IO} / 1,091 \mu s + CV2$	$5 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 2 ^a + CAN clock tolerance ^b + correction value CVx ^c
MP8	$-0,5 V / 2,947 \mu s$	$-0,5 V / 2,927 \mu s$	$-0,5 V / 1,179 \mu s$	$-0,5 V / 1,174 \mu s$	$6 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 1 ^a – CAN clock tolerance ^d
MP9	$0,30 \times V_{IO} / 2,947 \mu s$	$0,30 \times V_{IO} / 2,927 \mu s$	$0,30 \times V_{IO} / 1,179 \mu s$	$0,30 \times V_{IO} / 1,174 \mu s$	$6 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 1 ^a – CAN clock tolerance ^d – RxD slope ^e
MP10	$0,75 \times V_{IO} / 2,938 \mu s$	$0,75 \times V_{IO} / 2,918 \mu s$	$0,75 \times V_{IO} / 1,170 \mu s$	$0,75 \times V_{IO} / 1,165 \mu s$	$6 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 1 ^a – CAN clock tolerance ^d – RxD slope ^e
MP11	$0,25 \times V_{IO} / 3,103 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 3,133 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 1,281 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 1,291 \mu s$	$6 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 2 ^a + CAN clock tolerance ^d
MP12	$1,25 \times V_{IO} / 3,103 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 3,133 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 1,281 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 1,291 \mu s$	$6 \times t_{Bit_nom}$ + ISO value 2 ^a + CAN clock tolerance ^d
MP13	$0,25 \times V_{IO} / 3,600 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 3,600 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 1,500 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 1,500 \mu s$	absolute setting
MP14	$1,25 \times V_{IO} / 3,600 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 3,600 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 1,500 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 1,500 \mu s$	absolute setting

The reference for the values defined is ISO 11898-2:2016. Different boundary values can be agreed for special cases and shall be noted in the test report.

- $t_{\text{Bit_nom}}$ nominal CAN FD Bit time
 = 500 ns for CAN FD 2 Mbit/s
 = 200 ns for CAN FD 5 Mbit/s
- a ISO value 1: ISO value transceiver FD 2 Mbit/s – loopback transmitter = –50 ns
 ISO value transceiver FD 2 Mbit/s – communication receiver = –70 ns
 ISO value 2: ISO value transceiver FD 2 Mbit/s – loopback transmitter = +100 ns
 ISO value transceiver FD 2 Mbit/s – communication receiver = +130 ns
- ISO value 1: ISO value transceiver FD 5 Mbit/s – loopback transmitter = –20 ns
 ISO value transceiver FD 5 Mbit/s – communication receiver = –25 ns
 ISO value 2: ISO value transceiver FD 5 Mbit/s – loopback transmitter = +80 ns
 ISO value transceiver FD 5 Mbit/s – communication receiver = +90 ns
- b CAN clock tolerance: $5 \times 0,1 \% t_{\text{Bit_nom}}$
- c Correction value CV1 and CV2 should be calculated as follow:
 $CV1 = t_{\text{Bit1}} - t_{\text{Bit2}}$ at transmitter
 $CV2 = t_{\text{Bit1}} - t_{\text{Bit2}}$ at receiver
 with: t_{Bit1} : bit time for 1 recessive bit with disconnected coupling network CP1,
 t_{Bit2} : bit time for 1 recessive bit with connected coupling network CP1
 The correction value can be differ between test without bus filter at CAN and with 100 μH CMC and should be defined separately for the corresponding test cases.
- d CAN clock tolerance: $6 \times 0,1 \% t_{\text{Bit_nom}}$
- e RxD slope: 9 ns

5.5.3 Evaluation criteria in unpowered condition after exposure to disturbances

The input characteristic (current versus voltage) of a pin under test to GND including mandatory components shall be measured using for example a semiconductor parameter analyzer. If measurements with mandatory components are not applicable, they shall be removed. The test voltage range should cover or exceed the maximum voltage rating of the pin under test up to the level where for example break down, snap back or clamping occurs.

NOTE Commonly used test voltages are $\pm 50 \text{ V}$ to $\pm 70 \text{ V}$ with test current limitations of $\pm 0,5 \text{ mA}$ to $\pm 5 \text{ mA}$ in order to avoid damage of IC during characteristic curve measurement.

Any significant change of I-V characteristic (e.g. more than $\pm 5 \%$ of maximum applied test voltage or current) measured before and after the immunity test is considered as a failure. Figure 6 shows a principal drawing of the maximum deviation on an I-V characteristic.

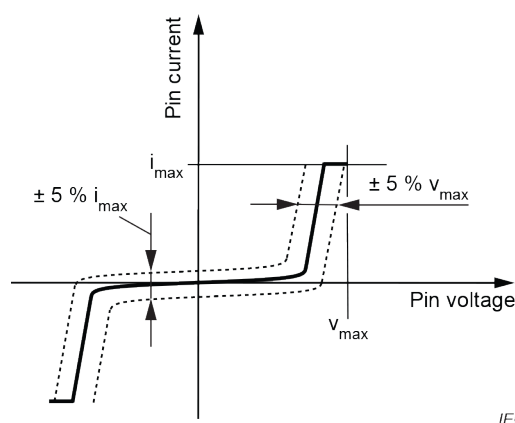


Figure 6 – Principal drawing of the maximum deviation on an I-V characteristic

Alternatively to the above described I-V characteristic test, a parameter test according to data sheet of the DUT can be used as well to verify damages of the IC.

5.5.4 Status classes

The functional status classes for CAN transceivers based on the evaluation criteria are defined in Table 24.

Table 24 – Definition of functional status classes

Resulting status class	Requirement
A _{IC}	– No error occurred during exposure to disturbance, evaluation criteria 5.5.2. – No damage detected after exposure to disturbance, evaluation criteria 5.5.3, that can be checked at the end of all functional tests.
C _{IC}	– Error occurred during exposure to disturbance, evaluation criteria 5.5.2. – No error occurred after exposure to disturbance, evaluation criteria 5.5.2, DUT automatically comes back into proper operation. – No damage detected after exposure to disturbance, evaluation criteria 5.5.3.
D _{IC}	– Error occurred during exposure to disturbance, evaluation criteria 5.5.2. – No error occurred after exposure to disturbance, evaluation criteria 5.5.2, but DUT does not automatically come back into proper operation when disturbance is removed until a simple operator action (e.g. re-initialization by SPI (D1_{IC}), power off/on (D2_{IC})) has been done. – No damage detected after exposure to disturbance, evaluation criteria 5.5.3.

6 Test and measurement

6.1 Emission of RF disturbances

6.1.1 Test method

The measurement of the RF emission shall be performed by 150 Ω direct coupling method according to IEC 61967-4.

6.1.2 Test setup

The RF emission measurement of transceiver shall be carried out using a setup according to Figure 7 with the coupling network as defined in Table 3.

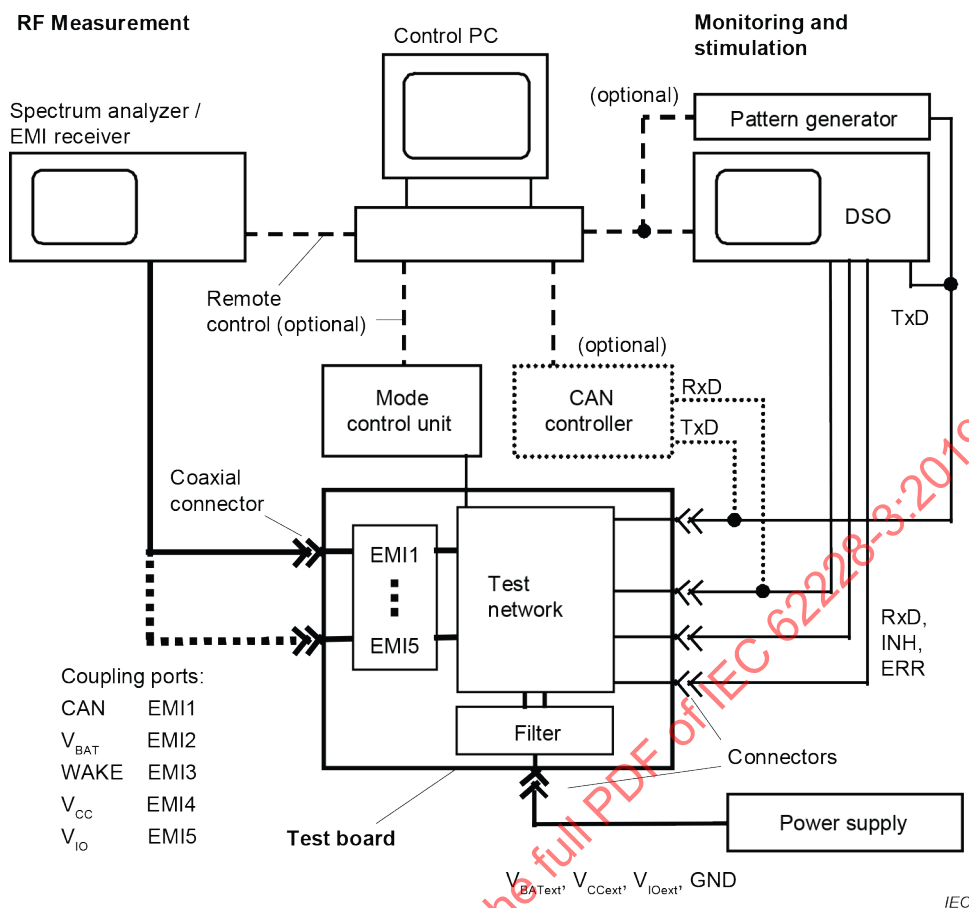


Figure 7 – Test setup for measurement of RF disturbances

The test equipment requirements are the following:

- spectrum analyzer/EMI receiver;
- test board;
- pattern generator (optional, only needed for CAN standard and CAN PN test);
- power supply;
- mode control unit (if possible remotely controlled by the PC);
- control PC (optional);
- digital storage oscilloscope (DSO);
- CAN controller (optional, only needed for CAN FD test).

6.1.3 Test procedure and parameters

The settings of the RF measurement equipment are given in Table 25.

Table 25 – Settings of the RF measurement equipment

RF Measurement equipment	Spectrum analyzer	EMI receiver
Detector	Peak	
Frequency range	0,15 MHz to 1 000 MHz	
Resolution bandwidth (RBW)		
150 kHz to 30 MHz:	10 kHz	9 kHz
30 MHz to 1 000 MHz:	100 kHz	120 kHz
Video bandwidth (VBW)	≥ 3 times RBW	–
Numbers of sweeps	10 (max hold)	–
Measurement time per step	–	≥ 1 ms
Frequency sweep time	≥ 20 s	–
Frequency step width		
150 kHz to 30 MHz:	–	≤ 5 kHz
30 MHz to 1 000 MHz:	–	≤ 50 kHz
NOTE FFT based EMI receivers can be used as well if they meet CISPR 16-1-1 definitions.		

The RF emission measurements shall be performed according to Table 26.

Table 26 – RF emission measurements

Transceiver functionality	Transceiver mode	Coupling port	Pin	Test signal	CAN bus filter ^b
CAN Standard	Normal	EMI 1	CAN	TX1	without
					with
		EMI 2	V _{BAT}		without
		EMI 3	WAKE		without
CAN FD	Normal	EMI 1	CAN	TX2a, TX2b	without
					with
		EMI4	V _{CC}		without
		EMI5	V _{IO}		without
CAN PN ^a	Low Power – PN Standby	EMI 1	CAN	TX4h	without
					with

^a One transceiver (DUT) of the test network is set to low power mode PN standby. The second transceiver is in normal mode and sends the test signals.

^b Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100\ \mu\text{H}$. Alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51\ \mu\text{H}$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100\ \text{pF}$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.

6.2 Immunity to RF disturbances

6.2.1 Test method

The test of the RF immunity shall be performed by using the direct RF power injection method (DPI) according to IEC 62132-4.

6.2.2 Test setup

The RF immunity tests of transceiver shall be carried out using a setup according to Figure 8 with the coupling network as defined in Table 3.

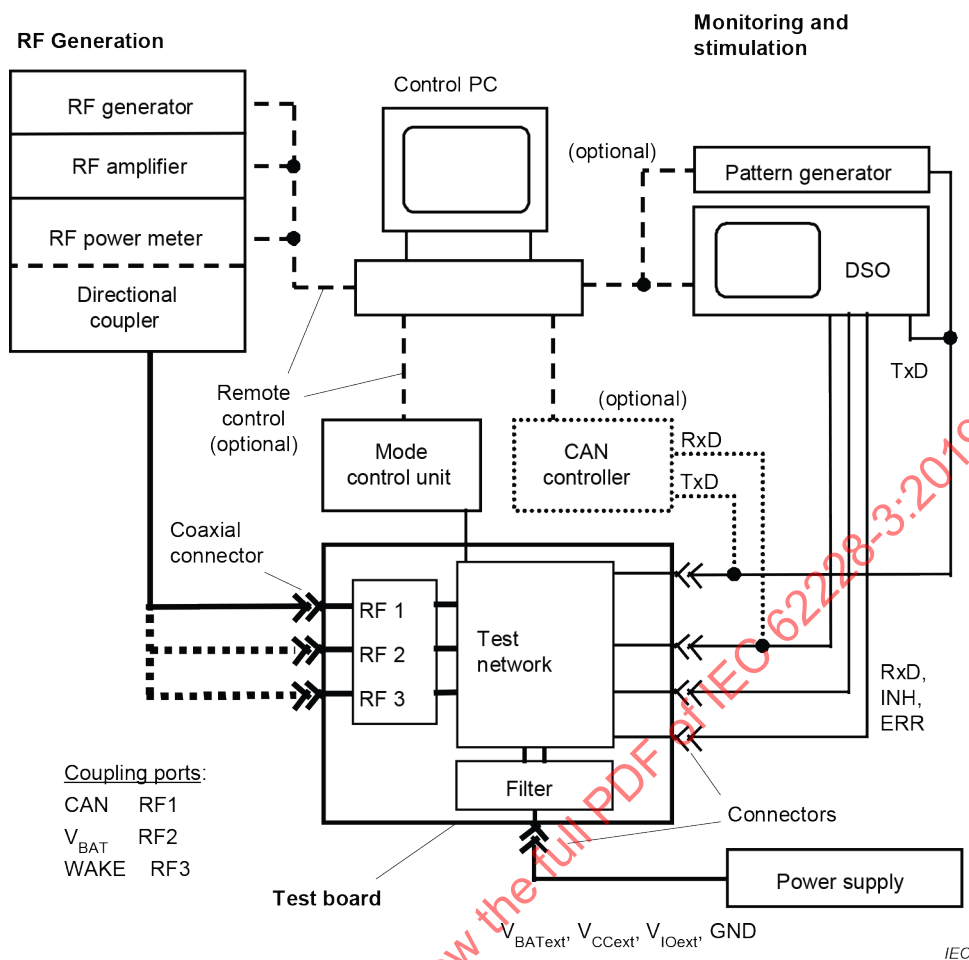


Figure 8 – Test setup for DPI tests

The test equipment requirements are the following:

- RF generator ($f = 1 \text{ MHz}$ to $1\,000 \text{ MHz}$);
- RF amplifier ($P \geq 10 \text{ W}$);
- power meter with directional coupler ($f = 1 \text{ MHz}$ to $1\,000 \text{ MHz}$);
- test board;
- pattern generator (optional, only needed for CAN standard and CAN PN test);
- power supply;
- mode control unit (if possible remotely controlled by the PC);
- control PC (optional);
- digital storage oscilloscope (DSO);
- CAN controller (optional, only needed for CAN FD test).

6.2.3 Test procedure and parameters

To determine the RF immunity of the CAN transceivers, tests with the parameters given in Table 27 shall be carried out.

Table 27 – Specifications for DPI tests

Item	Parameter	
Frequency	Range	Step
	1 MHz to 10 MHz	0,25 MHz
	10 MHz to 100 MHz	1 MHz
	100 MHz to 200 MHz	2 MHz
	200 MHz to 400 MHz	4 MHz
	400 MHz to 1 000 MHz	10 MHz
Minimum forward power	10 dBm (10 mW)	
Maximum forward power	39 dBm (8 W)	
Power step size	0,5 dB	
Dwell time	1 s	
Modulation	CW, AM 80 % 1 kHz ($\hat{P}_{AM} = \hat{P}_{CW}$)	
Test procedure for evaluation of functional status class A _{IC}	Searching for malfunction during the complete dwell time while power is stepwise increased. An optimized control procedure can be used to reduce the test time but ensuring that there are no artifacts in the RF inputs during frequency or power steps. EXAMPLE: Procedure for each frequency step: – start with maximum forward power or with the level that caused a malfunction at the previous frequency step, – in case of malfunction at this power level reduce the power level by 6 dB and repeat the test, – increase the power stepwise until a malfunction occurs or the maximum forward power is reached, – the immunity level at this frequency is the maximum forward power that causes no malfunction	
Test procedure for evaluation of functional status class C _{IC} or D _{IC}	Apply the test power for each frequency step and evaluate the functional status after each test.	

The tests for functional status class A_{IC} evaluation shall be performed for CAN transceiver standard function according to Table 28, for CAN transceiver partial networking function according to Table 29 and for CAN transceiver CAN FD function according to Table 30.

For each test an immunity threshold curve with the forward power as the parameter shall be determined and documented in a diagram in the test report.

**Table 28 – DPI tests for functional status
class A_{IC} evaluation of CAN transceiver standard function**

Trans- ceiver type	Trans- ceiver mode / purpose	Coupling port	Pin	Test signal	RF modulation ^e	CAN bus filter ^d	Failure validation on pin		
							RxD	ERR ^b	INH ^b
CAN standard	Normal	RF1	CAN	TX1	CW, AM	without	X	X	X
		RF1			AM	with	X	X	X
		RF1a, RF1b					X		
		RF2	V _{BAT}		CW, AM	without	X	X	X
		RF3	WAKE		CW, AM	without	X		
	Low Power – standby / cross talk	RF1	CAN	–	CW, AM	without			X
					AM	with			X
		RF2	V _{BAT}		CW, AM	without			X
	Low Power – standby or sleep ^c / unwanted wake-up	RF1	CAN	–	CW, AM	without	X ^a		X ^a
		RF1			AM	with	X ^a		X ^a
		RF1a, RF1b					X ^a		X ^a
		RF2	V _{BAT}		CW, AM	without	X ^a		X ^a
		RF3	WAKE		CW, AM	without	X ^a		X ^a
	Low Power – standby or sleep ^c / wanted wake-up	RF1	CAN	TX3	CW, AM	without	X ^a		X ^a
		RF1			AM	with	X ^a		X ^a
		RF1a, RF1b					X ^a		X ^a

X A test shall be performed.

^a The evaluation depends on functionality of CAN transceiver at RxD or INH.

^b INH or other function can be used e.g. for system base chips.

^c Test shall be performed in standby or sleep mode depending on the DUT function. If both modes are available sleep mode shall be selected.

^d Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100 \mu H$, alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51 \mu H$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100 pF$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.

^e For additional test with filter it is sufficient to determine the performance with AM modulation. This also reduces the average power consumption of the coupling network.

Table 29 – DPI tests for functional status class A_{IC} evaluation of CAN transceiver partial networking function

Transceiver type	Transceiver mode / purpose	Coupling port	Pin	Test signal	RF modulation ^e	CAN bus filter ^c	Failure validation	
							Pin RxD	Pin INH
CAN PN	Low Power – PN standby / unwanted wake-up ^a	RF1	CAN	TX4h	CW, AM	without	X	
		RF1			AM	with	X	
		RF1a, RF1b					X	
	Low Power – PN sleep / t silence time out function ^a	RF1	CAN	TX4i, TX4g	CW, AM	without		X
		RF1			AM	with		X
	Low Power – PN sleep / wanted wake-up ^a	RF1	CAN	TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f1	CW, AM	without		X
		RF1			AM	with		X
	Low Power – PN sleep / wanted wake-up ^{a, b}	RF1	CAN	TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f2	CW, AM	without		X
		RF1			AM	with		X
		RF1a, RF1b						X

X A test shall be performed.

^a One transceiver (DUT) of the test network shall be set to low power mode. The second transceiver shall be in normal mode and send the test signals. Only the DUT is monitored and shall behave as specified.

^b Wanted wake-up with EMC network propagation delay.

^c Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100 \mu H$, alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51 \mu H$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100 pF$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.

^e For additional test with filter, it is sufficient to determine the performance with AM modulation. This also reduces the average power consumption of the coupling network.

**Table 30 – DPI tests for functional status
class A_{IC} evaluation of CAN transceiver CAN FD function**

Transceiver type	Transceiver mode / purpose	Coupling port	Pin	Test signal	RF modulation ^e	CAN bus filter ^d	Failure validation	
							Pin RxD	CAN communication controller ^a
CAN FD	Normal FD 2 Mbit/s / loop back transmitter	RF1	CAN	TX2a	CW, AM	without	X ^b	X
		RF1			AM	with	X ^b	X
		RF1a, RF1b					X ^b	X
	Normal FD 2 Mbit/s / communication receiver	RF1	CAN	TX2a	CW, AM	without	X ^c	X
		RF1			AM	with	X ^c	X
		RF1a, RF1b					X ^c	X
	Normal FD 5 Mbit/s / loop back transmitter	RF1	CAN	TX2b	CW, AM	without	X ^b	X
		RF1,			AM	with	X ^b	X
		RF1a, RF1b					X ^b	X
	Normal FD 5 Mbit/s / communication receiver	RF1	CAN	TX2b	CW, AM	without	X ^c	X
		RF1,			AM	with	X ^c	X
		RF1a, RF1b					X ^c	X

X A test shall be performed.

^a The evaluation is done by the CAN communication controller for both nodes of the test network.

^b Only evaluation of transmitter RxD signal.

^c Only evaluation of receiver RxD signal.

^d Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100 \mu\text{H}$, alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51 \mu\text{H}$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100 \text{ pF}$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.

^e For additional test with filter it's sufficient to determine the performance with AM modulation. This also reduces the average power consumption of the coupling network.

The tests for functional status class C_{IC} or D_{IC} shall be performed according to Table 31.

Table 31 – DPI tests for functional status class C_{IC} or D_{IC} evaluation of CAN transceivers

Transceiver mode / Purpose	Coupling port	Pin	Test signal	RF modulation	CAN bus filter ^a	Failure validation
						Pin RxD
Normal	RF1	CAN	TX1	AM	with	X
	RF2	V _{BAT}	TX1	CW	without	X
	RF3	WAKE	TX1	CW	without	X

X A test shall be performed to evaluate functional status C_{IC} or D_{IC}.

^a Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100 \mu\text{H}$, alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51 \mu\text{H}$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100 \text{ pF}$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.

6.3 Immunity to impulses

6.3.1 Test method

The test of the impulse immunity shall be performed by using the non-synchronous transient injection method according to IEC 62215-3.

6.3.2 Test setup

The impulse immunity tests of transceiver shall be carried out using a setup according to Figure 9 with the coupling network as defined in Table 3.

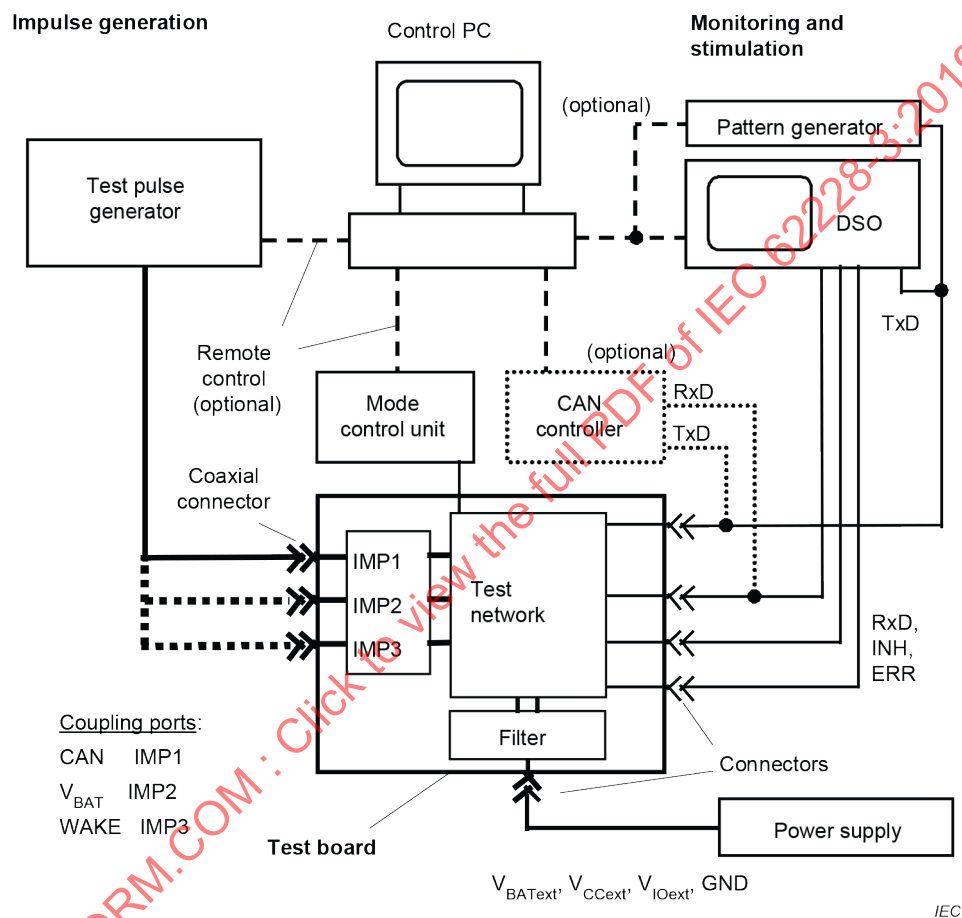


Figure 9 – Test setup for impulse immunity tests

The test equipment requirements are the following:

- test pulse generator;
- test board;
- pattern generator (optional, only needed for CAN standard and CAN PN test);
- power supply;
- mode control unit (if possible remotely controlled by the PC);
- control PC (optional);
- digital storage oscilloscope (DSO);
- CAN controller (optional, only needed for CAN FD test).

6.3.3 Test procedure and parameters

To determine the immunity of the transceiver against impulses, tests with the definitions and parameters given in Table 32 and Table 33 shall be performed.

Table 32 – Specifications for impulse immunity tests

Item	Definitions and parameters
Test pulses (see Table 33)	1, 2a, 3a, 3b at coupling port IMP2 3a, 3b (1, 2a optional) at coupling port IMP1, IMP3
Amplitude step size	10 V
Dwell time	1 min for tests of functional status class A _{IC} 10 min for tests of functional status class C _{IC} or D _{IC}
Test procedure for functional status class A _{IC}	Searching for malfunction during a dwell time of minimum 5 s while pulse amplitude is stepwise increased up to the defined test pulse levels (as e.g. given in Table C.1). At the determined maximum voltage, the achieved immunity level shall be proved with a dwell time of 1 min. An optimized control procedure can be used to reduce test time. The immunity level is the maximum amplitude that causes no malfunction.
Test procedure for functional status class C _{IC} or D _{IC}	Apply the defined test pulses (as e.g. given in Table C.1) and evaluate the functional status after each test.

Table 33 – Parameters for impulse immunity test

Test pulse ^a	V_{smax} V	Pulse repetition frequency (1/t ₁) Hz	R_i Ω	Remarks
1	–100	2	10	Battery shall be off only during the pulse
2a	+75	2	2	–
3a	–150	10 000	50	–
3b	+100	10 000	50	–
^a According to ISO 7637-2, pulse amplitudes are defined under open load conditions, parameters for rise time and duration for 12 V systems are set as default. Other pulse values for target applications in other power domains as e.g. 24 V or pulses defined in IEC standards (e.g. IEC 61000-4-4) can be used if required for the transceiver application.				

The tests for functional status class A_{IC} evaluation shall be performed for CAN transceiver standard function according to Table 34, for CAN transceiver partial networking function according to Table 35 and for CAN transceiver CAN FD function according to Table 36.

For each test an impulse immunity level shall be determined and documented in the test report.

Table 34 – Impulse immunity tests for functional status class A_{IC} evaluation of CAN transceiver standard function

Transceiver type	Transceiver mode / purpose	CAN bus filter ^d				Failure validation on pin		
		Coupling port	Pin	Test signal		RxD	ERR	INH ^b
CAN standard	Normal	IMP1	CAN	TX1	without	X	X	X
		IMP1			with	X	X	X
		IMP2	V _{BAT}		without	X	X	X
		IMP3	WAKE		without	X		
	Low Power – standby / cross talk	IMP1	CAN	–	without			X
					with			X
		IMP2	V _{BAT}		without			X
	Low Power – standby or sleep ^c / unwanted wake-up	IMP1	CAN	–	without	X ^a		X ^a
		IMP1			with	X ^a		X ^a
		IMP2	V _{BAT}		without	X ^a		X ^a
		IMP3	WAKE		without	X ^a		X ^a
	Low Power – standby or sleep ^c / wanted wake-up	IMP1	CAN	TX3	without	X ^a		X ^a
		IMP1			with	X ^a		X ^a

X A test shall be performed.

^a The evaluation depends on functionality of CAN transceiver at RxD or INH.

^b INH or other function can be used e.g. for system base chips.

^c Test shall be performed in standby or sleep mode depending on the DUT function. If both modes are available sleep mode shall be selected.

^d Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100 \mu H$, alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51 \mu H$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100 pF$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.

**Table 35 – Impulse immunity tests for functional status
class A_{IC} evaluation of CAN transceiver partial networking function**

Transceiver type	Transceiver mode / purpose	Coupling port	Pin	Test signal	CAN bus filter ^c	Failure validation	
						Pin RxD	Pin INH
CAN PN	Low Power – PN standby / unwanted wake-up ^a	IMP1	CAN	TX4h	without	X	
					with	X	
	Low Power – PN sleep / t silence time out function ^a			TX4i, TX4g	without		X
					with		X
	Low Power – PN sleep / wanted wake-up ^a			TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f1	without		X
					with		X
	Low Power – PN sleep / wanted wake-up ^{a, b}			TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f2	without		X
					with		X
X A test shall be performed.							
^a One transceiver (DUT) of the test network is set to low power mode. The second transceiver is in normal mode and sends the test signals. Only the DUT is monitored and shall behave as specified.							
^b Wanted wake-up with EMC network propagation delay.							
^c Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100 \mu H$, alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51 \mu H$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100 pF$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.							

**Table 36 – Impulse immunity tests for functional status
class A_{IC} evaluation of CAN transceiver CAN FD function**

Transceiver type	Transceiver mode	Coupling port	Pin	Test signal	CAN bus filter ^b	Failure validation
						CAN communication controller ^a
CAN FD	Normal FD 2 Mbit/s	IMP1	CAN	TX2a	without	X
	with				X	
	Normal FD 5 Mbit/s			TX2b	without	X
					with	X
X A test shall be performed.						
^a The evaluation is done by the CAN communication controller for both nodes of the test network.						
^b Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100 \mu\text{H}$, alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51 \mu\text{H}$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100 \text{ pF}$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.						

The tests for functional status class C_{IC} or D_{IC} shall be performed according to Table 37.

Table 37 – Impulse immunity tests for functional status class C_{IC} or D_{IC} evaluation of CAN transceivers

Transceiver mode / Purpose	Coupling port	Pin	Test signal	CAN bus filter ^a	Failure validation
					Pin RxD
Normal	IMP1	CAN	TX1	with	X
	IMP2	V _{BAT}	TX1	without	X
	IMP3	WAKE	TX1	without	X
X A test shall be performed to evaluate functional status C _{IC} or D _{IC} .					
^a Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100 \mu\text{H}$, alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51 \mu\text{H}$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100 \text{ pF}$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.					

6.4 Electrostatic discharge (ESD)

6.4.1 Test method

The ESD immunity test shall be performed by using the direct discharge method according to ISO 10605.

6.4.2 Test setup

The ESD immunity tests of CAN transceivers shall be carried out using a test setup according to Figure 10 and Figure 11.

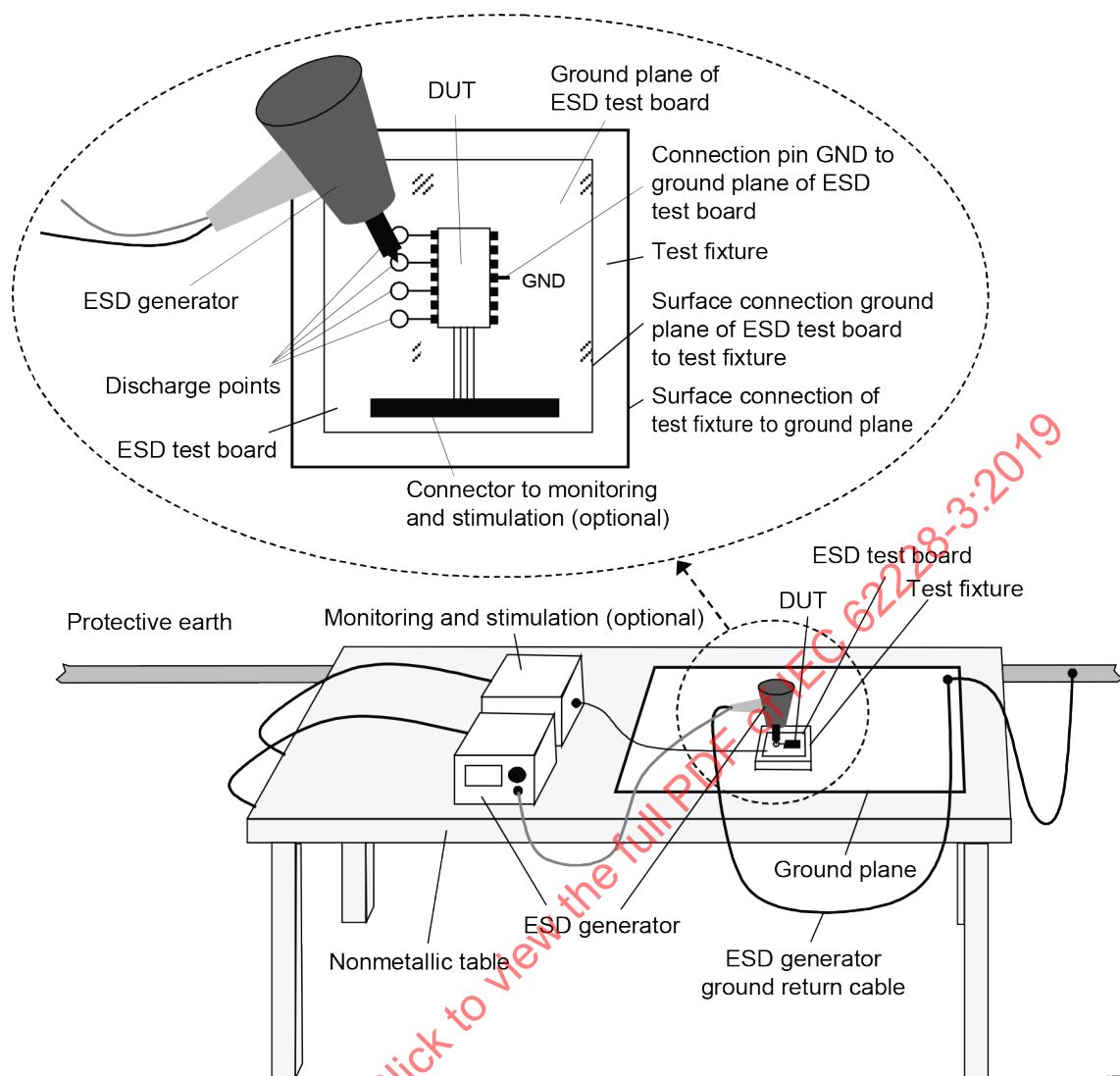


Figure 10 – Test setup for direct ESD tests – Principal arrangement

The test equipment requirements are the following:

- ESD generator (according to ISO 10605, discharge storage capacitor $C = 150 \text{ pF}$ and discharge resistor $R = 330 \text{ }\Omega$);
- ESD test board;
- ground plane;
- test fixture;
- auxiliary equipment as power supply, mode control, monitoring and stimulation (optional, only needed for tests in normal mode and functional pre/post validation).

The ground plane with a minimum size of $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ shall be connected to protective earth of the electrical grounding system of the test laboratory. The ESD generator ground return cable shall be directly connected to this ground plane.

The metallic test fixture positions the ESD test board and directly connects the ESD test board ground plane to the reference ground plane. The ground connection of the test fixture shall be connected to ground plane with low impedance and low inductance. This surface connection should have a contact area of at least 4 cm^2 . Copper tapes can be used in addition.

On testing, the tip of the ESD generator shall be in direct contact with one of the discharge points ESD1a, ESD1b, ESD2 and ESD3 of the ESD test board (described in Annex B).

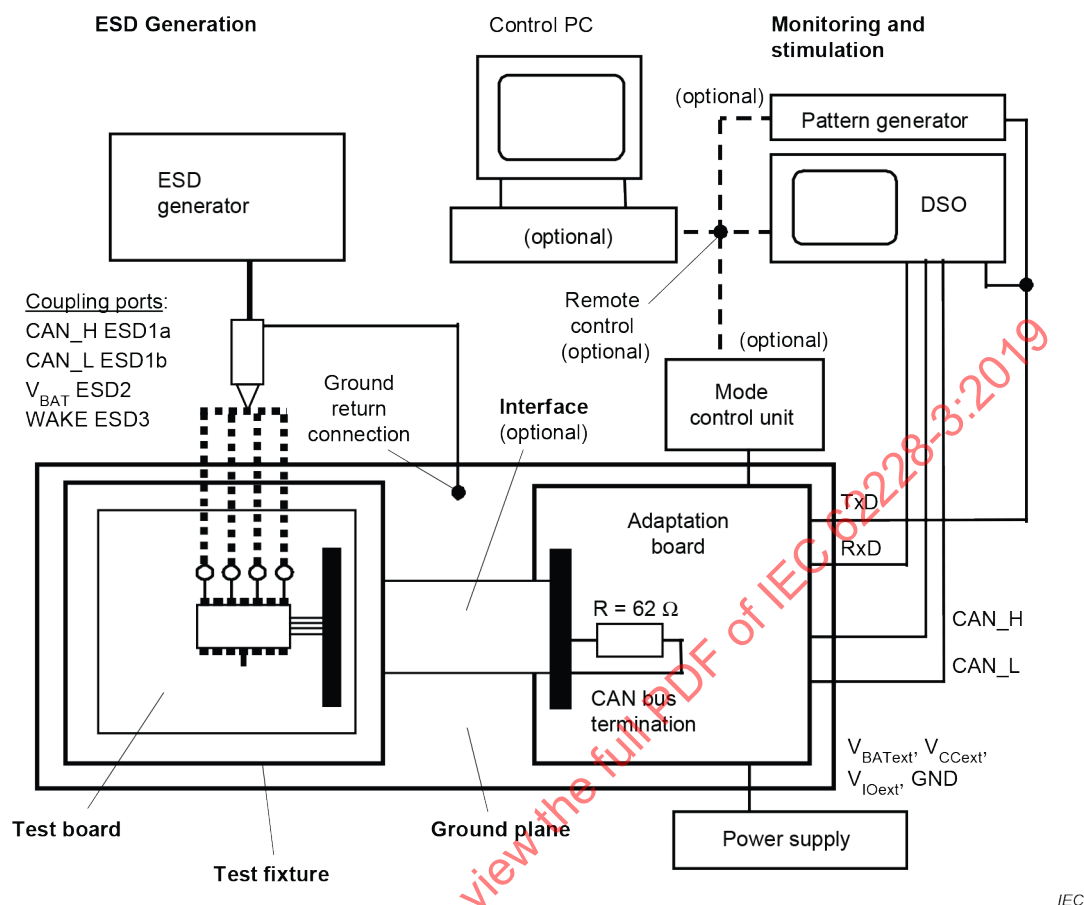


Figure 11 – Test setup for direct ESD tests – Stimulation and monitoring

For tests in unpowered mode, the interface is disconnected during test but is connected for functional pre/post validation.

6.4.3 Test procedure and parameters

To determine the ESD robustness of CAN transceivers against damages, tests shall be carried out according to Table 39 with the parameters given in Table 38.

Table 38 – Specifications for direct ESD tests

Item	Parameter
Type of discharge	contact
Discharge circuit	$R = 330 \, \Omega$, $C = 150 \, \text{pF}$
Discharge voltage levels	start level 1 kV stop level $V_{\text{ESD_damage}}$ or 25 kV
Discharge voltage steps	1 kV step up to $V_{\text{ESD}} = 15 \, \text{kV}$ 5 kV step above $V_{\text{ESD}} = 15 \, \text{kV}$

Table 39 – ESD tests in unpowered mode for functional status class D_{IC} evaluation of CAN transceivers

Transceiver mode / purpose	Coupling port	Pin	CAN bus filter ^d	Failure validation		
				Pin RxD ^a	CAN signals ^b	I-V characteristic ^c
Unpowered	ESD1a, ESD1b	CAN	without	X		
			with			
	ESD2	V _{BAT}	without			
	ESD3	WAKE	without			

X A test shall be performed according to the following procedure:

- 1) reference measurement of RxD signal, CAN signals in normal mode (DUT transmitting) and I-V characteristic of all pins to be tested (pin to GND);
- 2) 3 ESD pulses with positive polarity on discharge point ESD2 (V_{BAT}) with 5 s delay in between, after each single ESD pulse the pin or discharge point shall be discharged to the ground to ensure zero potential before the next ESD pulse
- 3) failure validation;
- 4) proceed with points 2) to 3) with discharge points ESD3 (WAKE);
- 5) proceed with points 2) to 3) with discharge points ESD1a (CAN_H);
- 6) proceed with points 2) to 3) with discharge points ESD1b (CAN_L);
- 7) proceed with point 2) to 6) with negative polarity;
- 8) proceed with point 2) to 7) with the next higher ESD test voltage up to damage of the tested pin.

If one pin is damaged, a new IC should be used continuing the test of the other pins.

^a Only for failure validation, the transceiver is set to normal mode with connected adaptation board and using test signal TX1. Evaluation of RxD signal using the definitions of Table 19.

^b Only for failure validation, the transceiver is set to normal mode with connected adaptation board and using test signal TX1. Evaluation of CAN signals: the maximum allowed deviation to the reference signal shall be smaller than 5 %.

^c Evaluation of I-V characteristic according to 5.5.3.

^d Default CAN bus filter is a CMC with common mode inductance $L_{CM} = 100 \mu\text{H}$, alternatively other values as e.g. $L_{CM} = 51 \mu\text{H}$ or capacitive CAN bus filters with e.g. $C = 100 \text{ pF}$ are possible. The used CAN bus filter shall be documented in the test report.

7 Test report

The following items should be included in the test report:

- schematic diagram of test configurations;
- failure criteria, used at immunity tests;
- picture or drawing of test circuit boards;
- transfer characteristics of coupling and decoupling networks;
- description of test equipment;
- description of the used protocol version;
- description of any deviation from previously defined test parameter;
- test results.

Annex A (normative)

CAN test circuits

A.1 General

The CAN test circuits define the details of the complete test circuitry for testing CAN transceivers in functional operating modes under network condition and for a single transceiver for ESD. It defines mandatory and optional components for CAN transceiver functions and components for coupling networks, decoupling networks which are used for power supply, stimulation, monitoring and testing of the DUT.

The CAN test circuit is basic for the test results and their interpretation.

A.2 Test circuit for CAN transceivers for functional tests

A general drawing of the test circuit diagram of a CAN test network for testing standard CAN transceivers in functional operating modes in a minimum communication network with two CAN nodes is given in Figure A.1. A general drawing of the test circuit diagram for testing CAN PN transceivers is given in Figure A.2. Node 1 operates as a transmitter for test signals, which emulates a CAN message to be received and monitored at output ports of nodes in the configured network.

A CAN node consists of transceiver (A10, A20), the CAN bus filter (L10, L20), mandatory external components (D10, C10, C11, C12, C13, R10, R11, R14, D20, C20, C21, C22, C23, R20, R21, R24) and decoupling networks at monitored pins or inputs (R12, R14, R15, R16, R22, R24, R25, R26).

All mandatory external components (except components for CAN bus) shall be used according to the specification of the CAN transceiver IC. If special components for CAN bus are defined in the specification, this circuitry should be tested in addition and documented in the test report.

The resistor values at the WAKE pin shall be set to the maximum specified value (default $R = 3,3 \text{ k}\Omega$) for R10, R20 and to the minimum specified value (default $R = 33 \text{ k}\Omega$) for R11, R21.

For RF decoupling of monitored pins INH, ERR the default resistor value is set to $R = 1 \text{ k}\Omega$ and for RxD, TxD $R = 47 \text{ }\Omega$ for all tests. For comparison of CAN standard transceiver results taken with definitions of previous specification RxD, TxD can be set to $R = 1 \text{ k}\Omega$ and shall be documented in the test report.

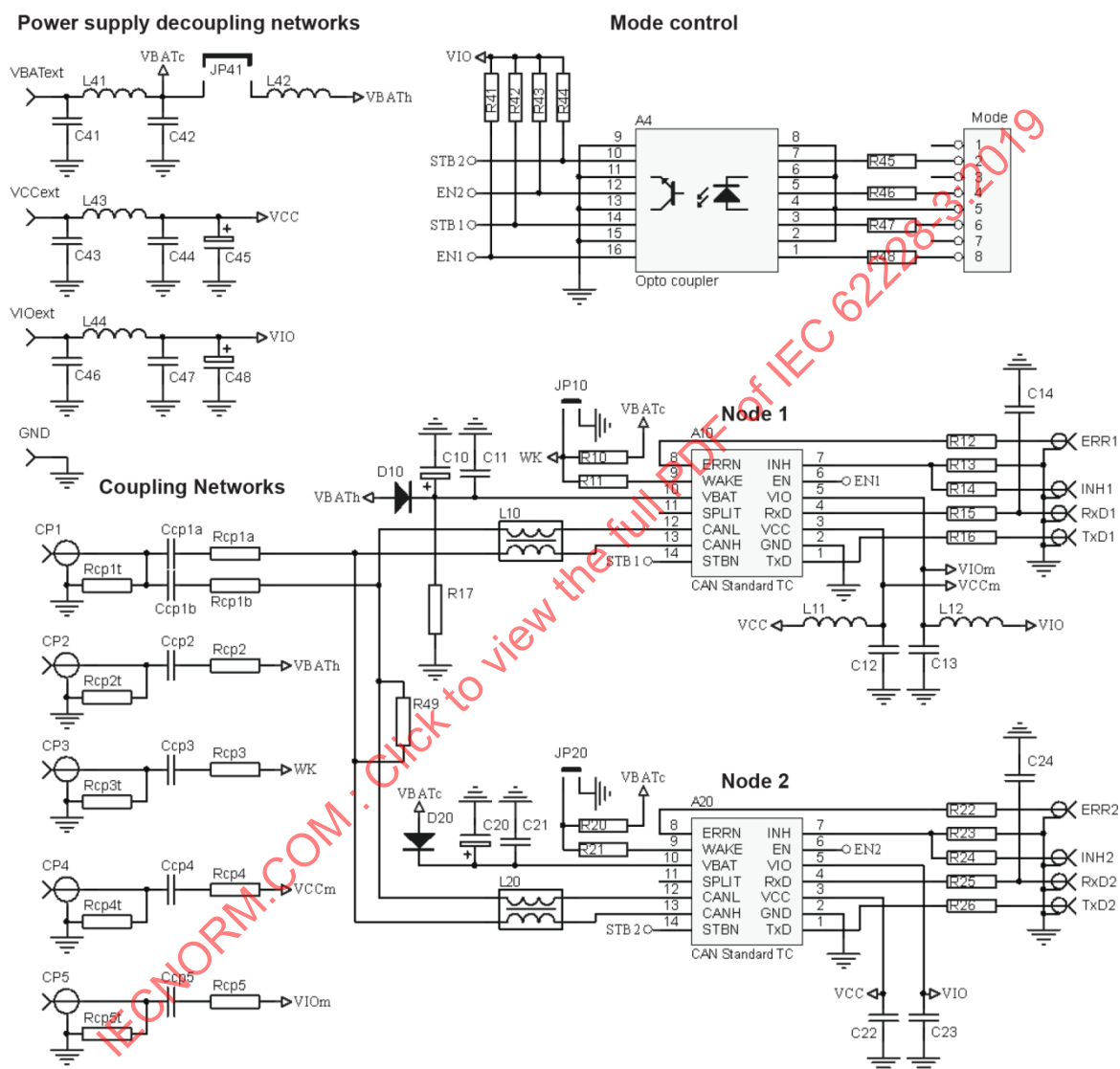
For CAN FD tests, the resistors at the pins RxD and TxD (R15, R16, R25, R26) are set to $R = 47 \text{ }\Omega$. In addition the value of capacitors C14 and C24 should be chosen to achieve an external load capacitance at RxD pin of $15 \text{ pF} \pm 10 \%$. Any capacitive load caused by connecting the test board to the CAN controller and the DSO for monitoring shall be considered.

In order to avoid a floating voltage at pin INH in sleep mode a pull down resistor (R13, R23) shall be used with values according to the IC specifications (default $R = 10 \text{ k}\Omega$).

Every control input setting the DUT either to normal, standby or sleep mode shall be connected/configured according to the IC specification. Connections to the peripheral control equipment shall be decoupled from the test circuit board (Figure A.1: A4 optocoupler, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48 and Figure A.2: A4, A5, A6 optocoupler, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R410, R411, R412, R413, R414, R415, R416, R417).

As regards the CAN bus termination is implemented with resistor R49 = 62 Ω .

For decoupling of external power supplies two-stage LC-filters (L41, L42, C41, C42 / L43, C43, C44, C45 and L44, C46, C47, C48) are used separately for V_{BAT} , V_{CC} and V_{IO} . The impedance of L42 should be greater than 400 Ω in the frequency range of interest. Jumper JP41 is opened to disconnect the supply voltage and the RF decoupling filter network at V_{BAT} during the impulse tests at V_{BAT} . In this case the voltage supply V_{BAT} is directly provided via the IMP2 coupling network.

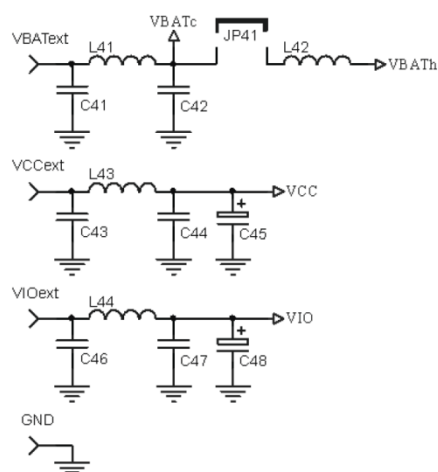


Key**Components**

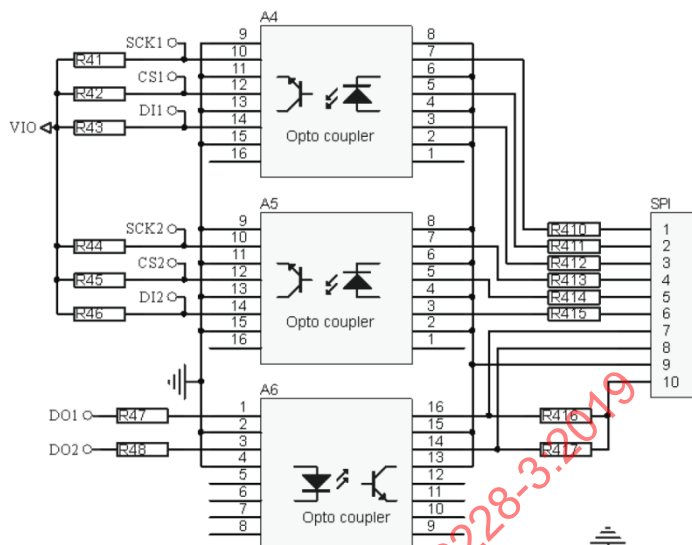
A10, A20	CAN standard transceiver
A4	optocoupler (optional)
C10, C20, C45, C46, C48	capacitor $C = 22 \mu\text{F}$
C11, C12, C13, C21, C22, C23	capacitor $C = 100 \text{ nF}$
C14, C24	capacitor $C \leq 15 \text{ pF}$ (only used for tests of CAN FD functionality, value depend on test set-up and should be chosen to achieve an external load capacitance at Rx/D pin of $15 \text{ pF} \pm 10 \%$)
C41, C43, C46	capacitor $C = 1 \text{ nF}$
C42, C44, C47	capacitor $C = 330 \text{ pF}$
Ccp1a, Ccp1b, Ccp2, Ccp3, Ccp4, Ccp5	capacitor (value depending on test)
D10, D20	diode, general purpose rectifier type
JP10, JP20	jumper
L10, L20	common mode choke $L = 100 \mu\text{H}$ (default value, placement depend on test case)
L11, L12	inductor $L = 4,7 \mu\text{H}$ (only populated for emission measurements at V_{CC} and V_{IO})
L41, L43, L44	inductor $L = 47 \mu\text{H}$
R10, R20	resistor $R = 3,3 \text{ k}\Omega$
R11, R21	resistor $R = 33 \text{ k}\Omega$
R12, R14, R22, R24	resistor $R = 1 \text{ k}\Omega$
R13, R23	resistor $R = 10 \text{ k}\Omega$
R15, R16, R25, R26	resistor $R = 47 \Omega$ default, (alternative value: e.g. $1 \text{ k}\Omega$, for comparability to CAN standard transceiver test as used in the previous specification)
R17	resistor $R = 1 \text{ k}\Omega$ (simulates other loads at V_{BAT} network of ECU if available in application)
R41, R42, R43, R44	resistor $R = 1 \text{ k}\Omega$ (optional)
R45, R46, R47, R48	resistor $R = 470 \Omega$ (optional)
R49	resistor $R = 62 \Omega$
Rcp1a, Rcp1b, Rcp2, Rcp3, Rcp4, Rcp5	resistor (value depending on test)
Rcp1t, Rcp2t, Rcp3t, Rcp4t, Rcp5t	resistor (value depending on test)

Figure A.1 – General drawing of the circuit diagram of test network for CAN standard transceivers for functional test

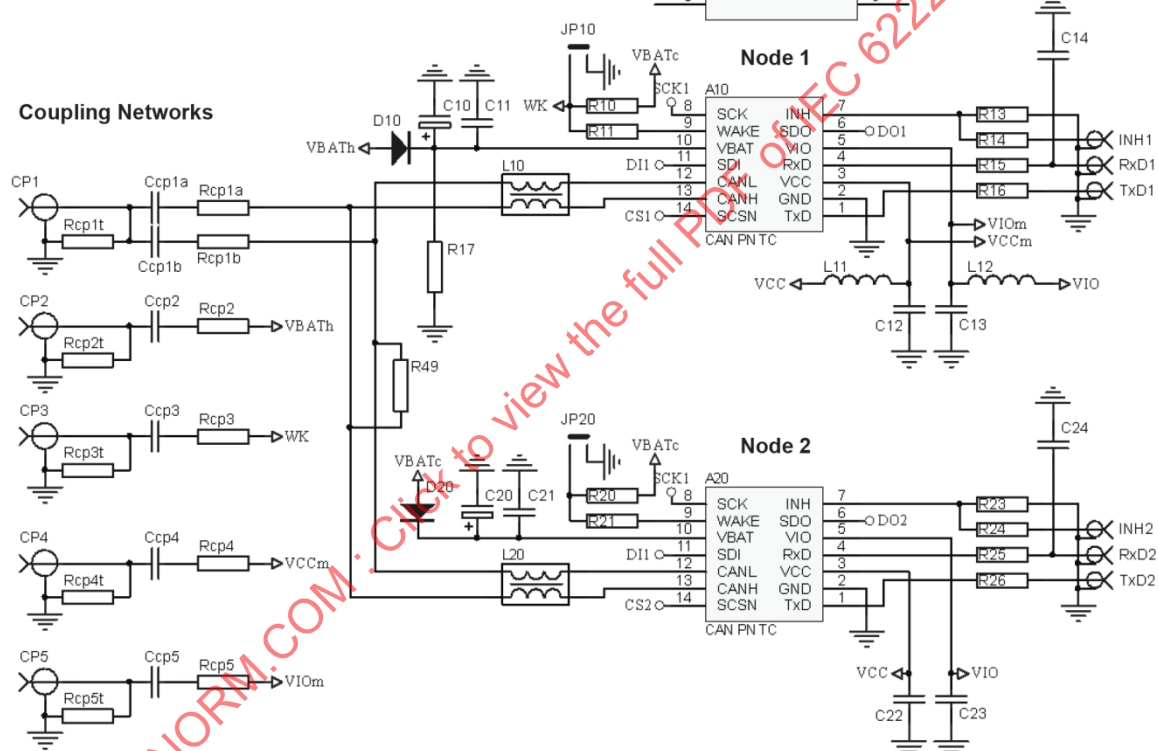
Power supply decoupling networks



Mode control



Coupling Networks



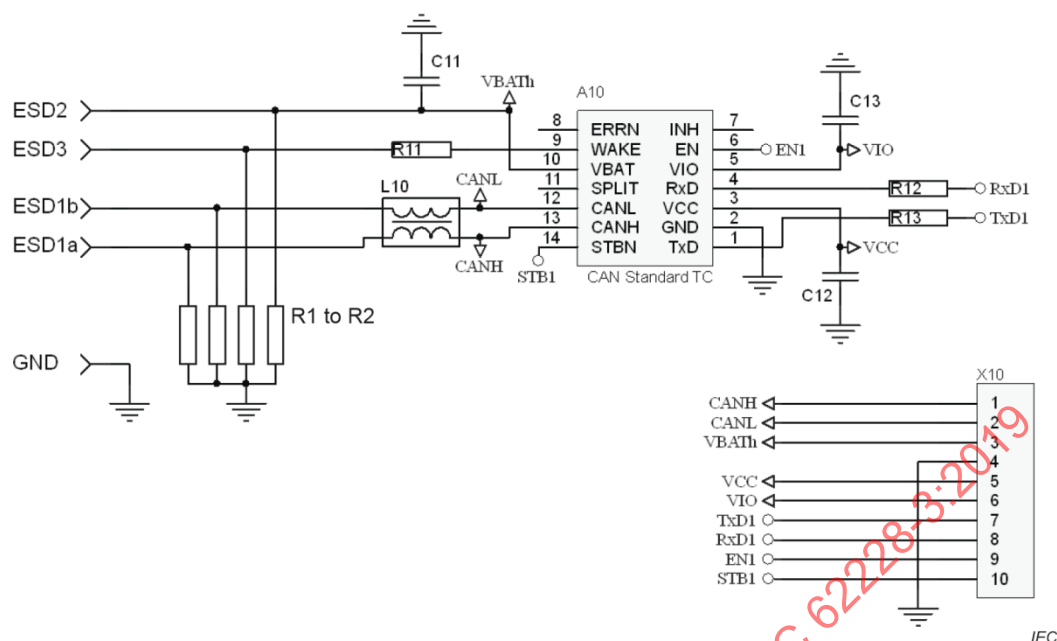
Key Components

A10, A20	CAN PN transceiver IC
A4	optocoupler (optional)
C10, C20, C45, C46, C48	capacitor $C = 22 \mu\text{F}$
C11, C12, C13, C21, C22, C23	capacitor $C = 100 \text{ nF}$
C14, C24	capacitor $C \leq 15 \text{ pF}$ (only used for tests of CAN FD functionality, value depend on test set-up and should be chosen to achieve an external load capacitance at RxD pin of $15 \text{ pF} \pm 10 \%$)
C41, C43, C46	capacitor $C = 1 \text{ nF}$
C42, C44, C47	capacitor $C = 330 \text{ pF}$
Ccp1a, Ccp1b, Ccp2, Ccp3, Ccp4, Ccp5	capacitor (value depending on test)
D10, D20	diode, general purpose rectifier type
JP10, JP20	jumper
L10, L20	common mode choke $L = 100 \mu\text{H}$ (default value, placement depend on test case)
L11, L12	inductor $L = 4,7 \mu\text{H}$ (only populated for emission measurements at V_{CC} and V_{IO})
L41, L43, L44	inductor $L = 47 \mu\text{H}$
R10, R20	resistor $R = 3,3 \text{ k}\Omega$
R11, R21	resistor $R = 33 \text{ k}\Omega$
R12, R14, R22, R24	resistor $R = 1 \text{ k}\Omega$
R13, R23	resistor $R = 10 \text{ k}\Omega$
R15, R16, R25, R26	resistor $R = 47 \Omega$ default, (alternative value: e.g. $1 \text{ k}\Omega$, for comparability to CAN standard transceiver test as used in the previous specification)
R17	resistor $R = 1 \text{ k}\Omega$ (simulates other loads at V_{BAT} network of ECU if available in application)
R41, R42, R43, R44, R45, R46, R416, R417	resistor $R = 1 \text{ k}\Omega$ (optional)
R47, R48, R410, R411, R412, R413, R414, R415,	resistor $R = 470 \Omega$ (optional)
R49	resistor $R = 62 \Omega$
Rcp1a, Rcp1b, Rcp2, Rcp3, Rcp4, Rcp5	resistor (value depending on test)
Rcp1t, Rcp2t, Rcp3t, Rcp4t, Rcp5t	resistor (value depending on test)

Figure A.2 – General drawing of the circuit diagram of test network for CAN PN transceivers for functional test

A.3 Test circuit for CAN transceiver for ESD test

A general drawing of the test circuit diagram for testing direct ESD of CAN transceiver in unpowered mode is given in Figure A.3.



Key

Components

A10	CAN standard transceiver
C11, C12, C13	capacitor $C = 100 \text{ nF}$
L10	common mode choke $L = 100 \text{ }\mu\text{H}$ (default value, placement depend on test case)
R1, R2, R3, R4	resistor $R \geq 200 \text{ k}\Omega$ (placement is optional)
R11	resistor $R = 33 \text{ k}\Omega$
R12, R13	resistor $R = 1 \text{ k}\Omega$
X10	connector to adaptation board

Figure A.3 – General drawing of the circuit diagram for direct ESD tests of CAN transceivers in unpowered mode

The test circuit for CAN transceiver ESD test consists of a single CAN transceiver (A10) with mandatory external components (C11, C12, C13, R11), CAN bus filter (L10), coupling ports with discharge points (ESD1a, ESD1b, ESD2, ESD3) and optional discharge resistors (R1, R2, R3, R4 with $R \geq 200 \text{ k}\Omega$). The value for the series resistor on the pin WAKE (R11) should be chosen according to the IC specification with minimum value (default $R = 33 \text{ k}\Omega$).

The default parameters of the passive components are for capacitors a tolerance of $\pm 10 \%$, material X7R according to the electronic industry association (EIA) or similar, voltage rating $\geq 50 \text{ V}$ and dimension 1206 or 0805. The default parameters for resistors are $\pm 1 \%$ tolerance and dimension 1206 or 0805.

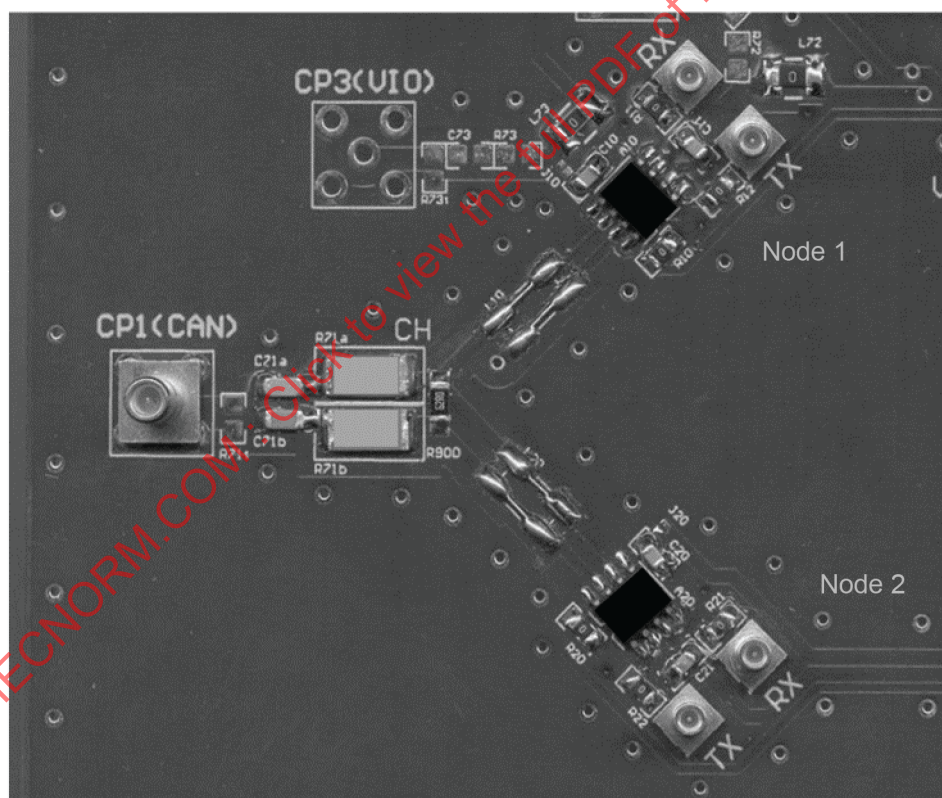
Annex B (normative)

Test circuit boards

B.1 Test circuit board for functional tests

For functional tests of CAN transceivers the test network shall be designed on a printed circuit board. To ensure good RF characteristics of the coupling and decoupling networks, an equal design of the circuitry for node 1 and node 2 on a minimum two-layer PCB with a GND layer should be used. The length of the coupling paths on the test board should be kept as short as possible. The trace length for IC interconnections (CAN) is recommended to be shorter than 30 mm from the star point of the interconnection to the IC pins and the RF injection point when applicable. The DUT shall be soldered on the test board to minimize parasitic effects. A layout example is shown in Figure B.1.

For proper shielding, all connections to the test peripheral of the test board should be connected via coaxial printed circuit board sockets except for the filtered power supplies and GND.



IEC

Figure B.1 – Example of IC interconnections of CAN signal

B.2 ESD test

For ESD tests, a printed circuit board shall be used. At least a two-layer construction of the PCB with GND layer shall be chosen. The pads for the discharge points ESD1a to ESD3 shall be carried out in a way that a proper contact to the discharge tip of the test generator is ensured (e.g. by rounded vias in the layout of the ESD test board). The discharge point shall be directly connected by a trace to the respective pin under test of the transceiver IC. The passive components of the network shall be placed close to the transceiver to reduce

parasitic effects. The DUT should be soldered on the test board to ensure application like conditions and avoid parasitic setup effects by sockets. The insulation distance between the signal lines and pads of the passive components and the extensive ground area should be designed in a way that a spark over at these points can be prevented up to the intended test voltage level. A layout example is shown in Figure B.2.

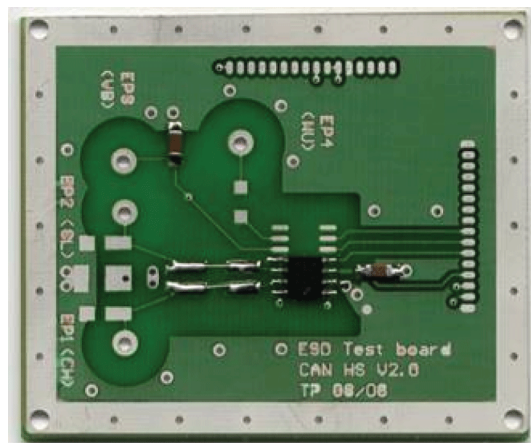


Figure B.2 – Example of ESD test board for CAN transceivers

Further requirements to the ESD test board are defined in Table B.1.

Table B.1 – Parameters of ESD test circuit board

Parameter	Value
Trace length between transceiver pads and discharge point	(15 ± 5) mm
Trace width of the conducting path	0,254 mm

Annex C (informative)

Examples for test limits for CAN transceiver in automotive application

C.1 General

The purpose of Annex C is to show examples of limits for CAN transceivers used in automotive applications. For specific limit selection, refer to the applicable test method documents.

C.2 Emission of RF disturbances

Figures C.1, C.2 and C.3 give examples of limits for RF emission measurements at the pins CAN, V_{BAT} , WAKE and V_{CC} , V_{IO} (only required for CAN FD tests) for the 150 Ω direct coupling method according to IEC 61967-4.

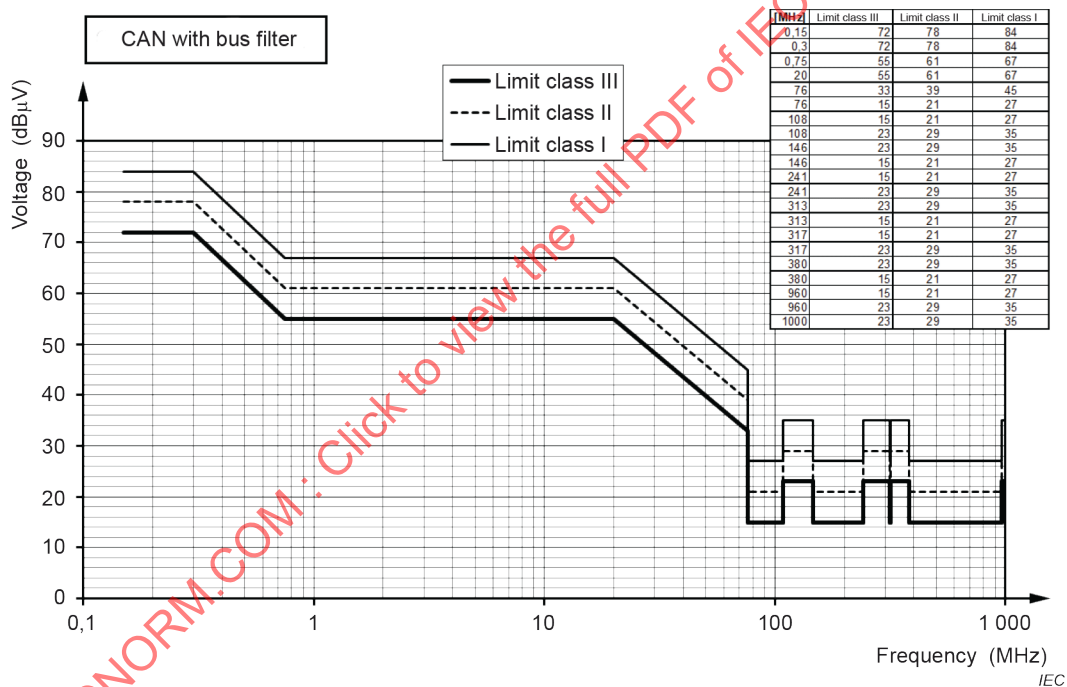


Figure C.1 – Example of limits for RF emission – CAN with bus filter

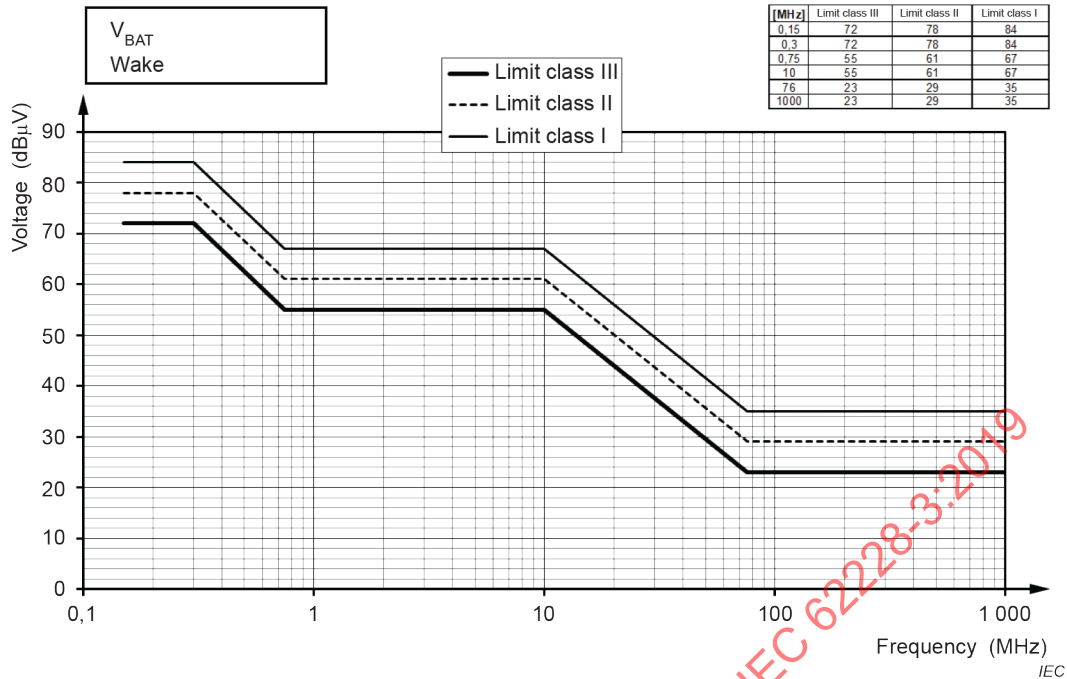


Figure C.2 – Example of limits for RF emission – Other global pins

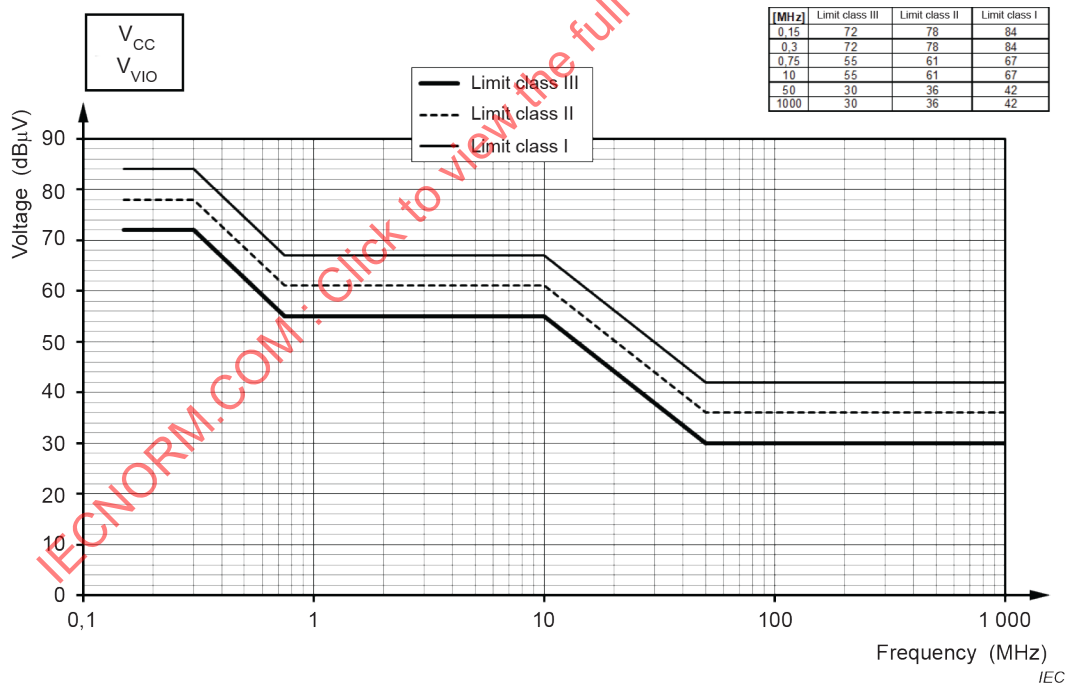


Figure C.3 – Example of limits for RF emission – Local supplies

C.3 Immunity to RF disturbances

Figures C.4, C.5, C.6, C.7 and C.8 give examples of limits for RF immunity tests at the pins CAN, V_{BAT} and WAKE for the DPI test method according to IEC 62132-4. There are different target levels for functional tests related to functional status class A_{IC} and functional status class C_{IC} or D_{IC} .

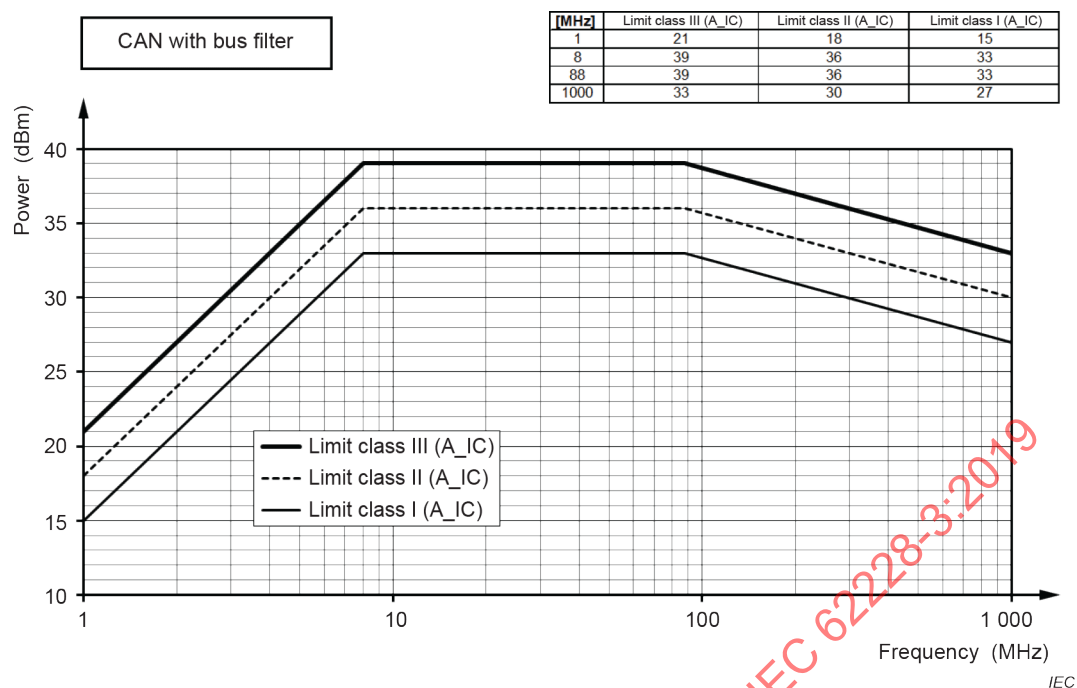


Figure C.4 – Example of limits for RF immunity for functional status class A_{IC} – CAN with bus filter

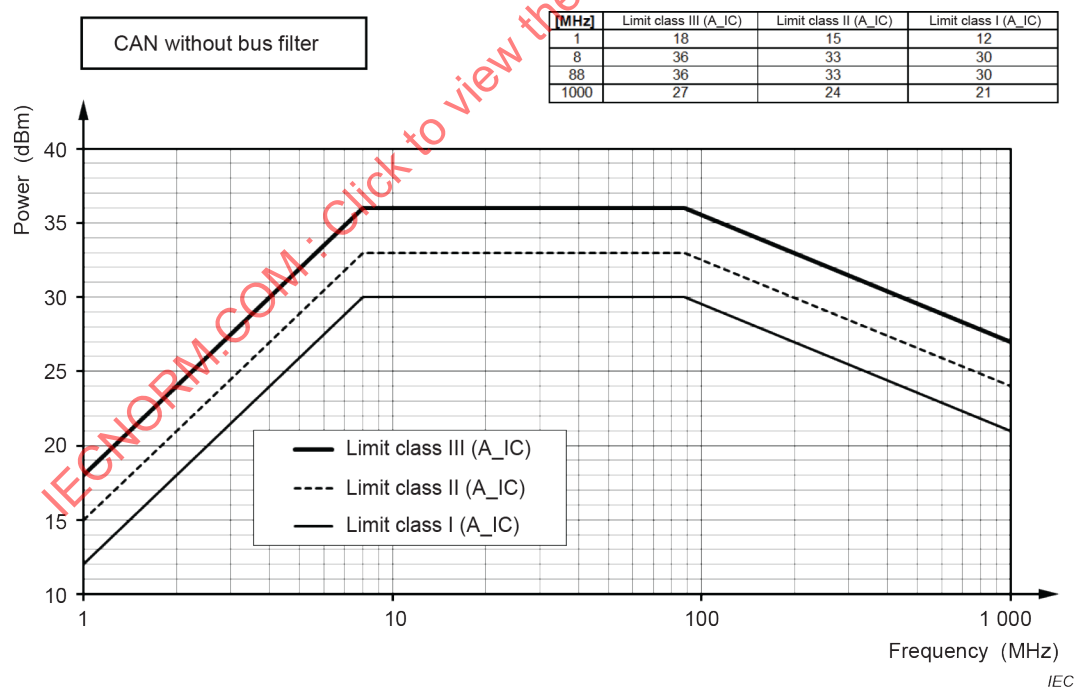


Figure C.5 – Example of limits for RF immunity for functional status class A_{IC} – CAN

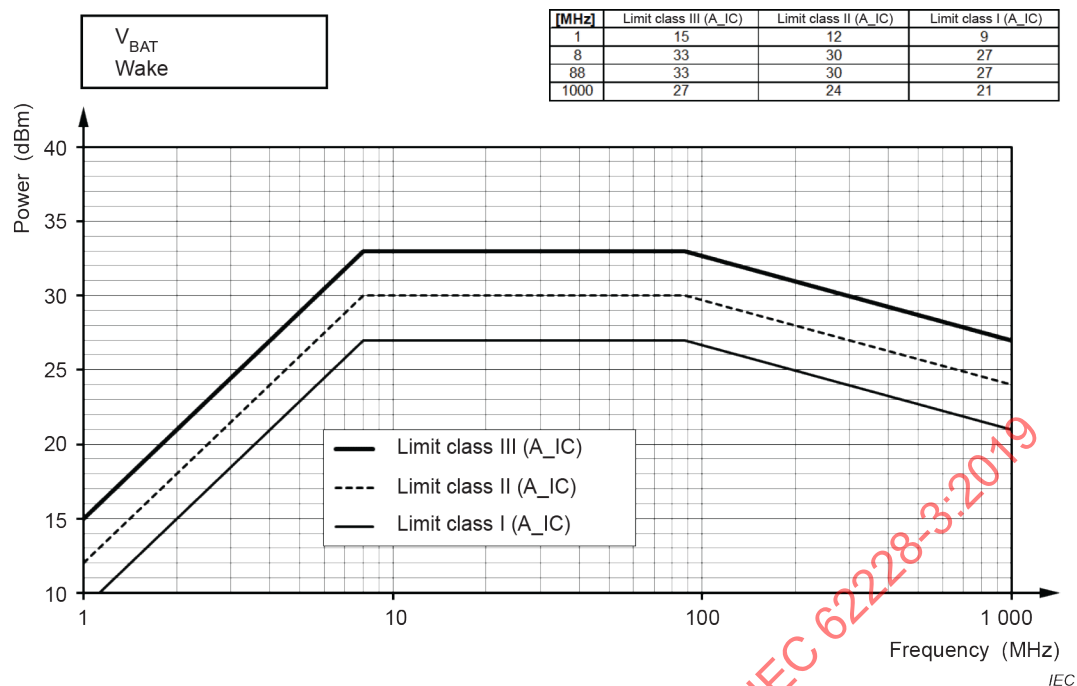


Figure C.6 – Example of limits for RF immunity for functional status class A_{IC} – Other global pins

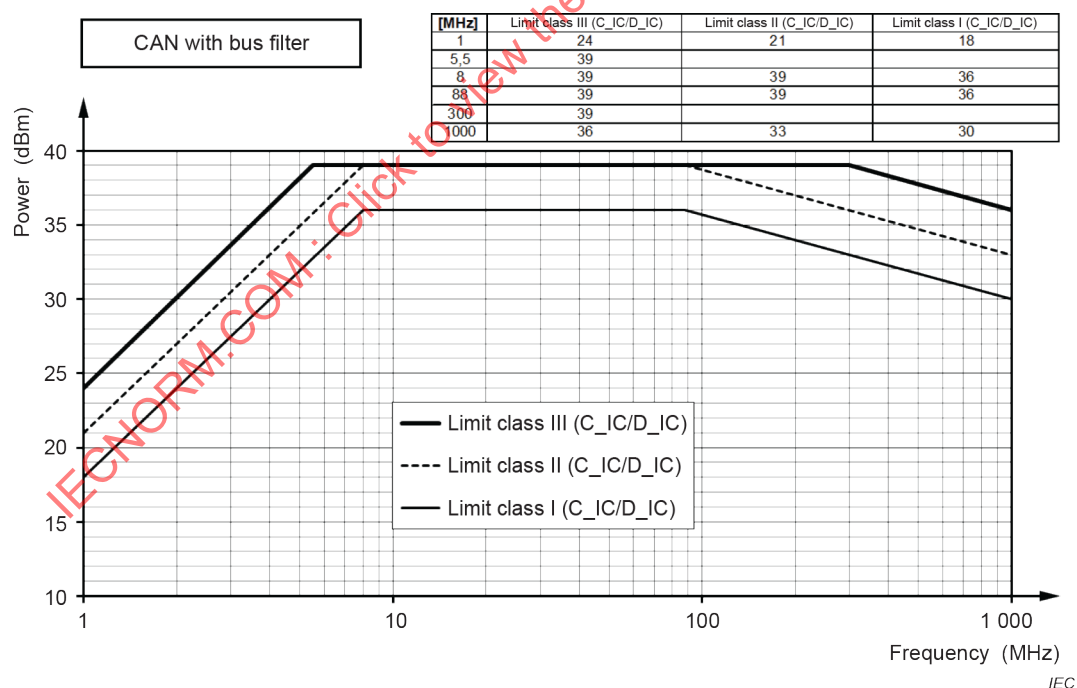


Figure C.7 – Example of limits for RF immunity for functional status class C_{IC} or D_{IC} – CAN with bus filter

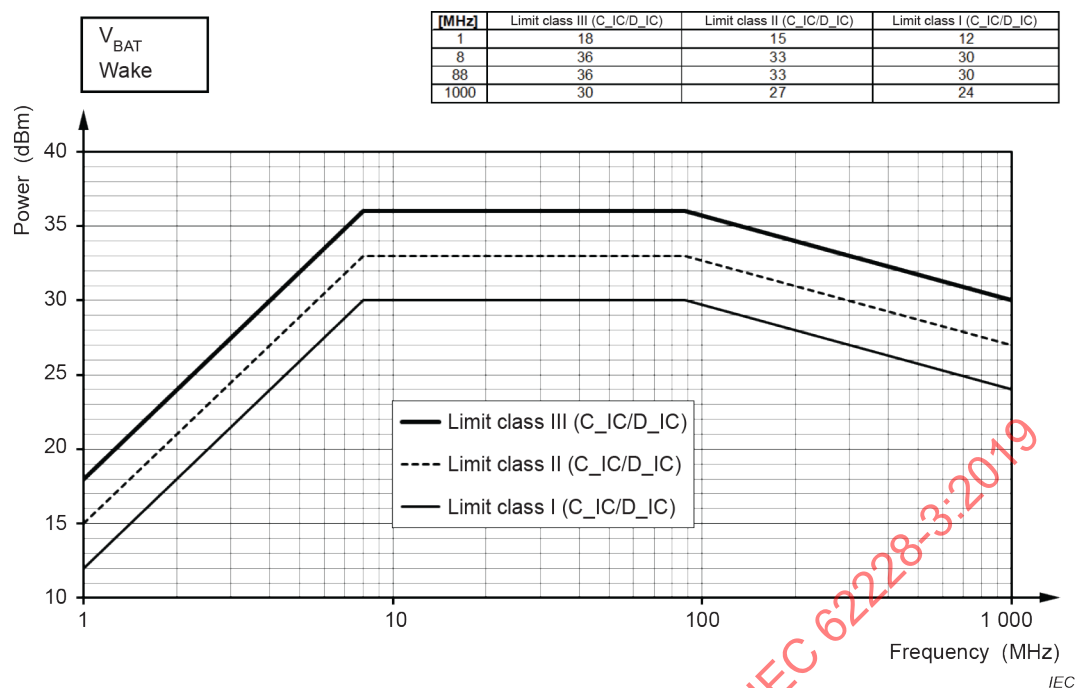


Figure C.8 – Example of limits for RF immunity for functional status class C_{IC} or D_{IC} – Other global pins

C.4 Immunity to impulses

Table C.1 gives an example of limits for impulse immunity tests defined for functional status class C_{IC} or D_{IC} evaluation at the pins CAN, V_{BAT} and WAKE using the non-synchronous transient injection method according to IEC 62215-3.

Table C.1 – Example of limits for impulse immunity for functional status class C_{IC} or D_{IC}

Test pulse	V_{smax} V
1	–100
2a	+75
3a	–150
3b	+100

C.5 Electrostatic discharge (ESD)

For test of ESD immunity to damage of the pins CAN_H, CAN_L, V_{BAT} and WAKE the limit value $V_{ESD} = \pm 6$ kV is recommended.

Annex D (informative)

Characterization of common mode choke for CAN bus interfaces

D.1 General

Common mode chokes can have a significant effect on EMC test results in communication networks. To get comparable and reliable results for EMC evaluation of CAN transceivers, the characteristics of the used common mode chokes should be known and verified.

Annex D describes procedures for the characterization of CMCs intended to be used for CAN bus interfaces. It contains definitions for test methods, test conditions, performance criteria, test procedures, test setups, test boards and recommended limits. The test methods covered by this annex include

- leakage inductance mismatch measurement,
- S-parameter measurement mixed mode,
- ESD damage test, and
- saturation test at RF disturbances.

D.2 Abbreviations

CMR	common mode rejection
DCMR	differential to common mode rejection, common mode single ended measured
IL	insertion loss
LCL	longitudinal conversion loss
SOLT	short open load through
S-parameter	scattering parameter
VNA	vector network analyzer

D.3 CMC test

D.3.1 General

In general, a printed circuit board with RF board-to-coax connectors shall be used for all tests. To ensure reliable RF parameters, a test board with at least two layers with enlarged GND reference plane is required. The bottom layer shall be the reference plane.

The traces on the test board should be designed as $(50 \pm 5) \Omega$ single ended transmission lines with a length as short as possible. For design of CMC footprint and the definition of minimal distance of CMC housing and CMC terminals to the GND plane, the related specification of CMC manufacturer should be used, if not otherwise specified in the specific tests. If there is no specification from CMC manufacturer, it is recommended to have no ground fill underneath the CMC on the top layer.

The test board design and the method of connecting the CMC with the test board is intended to provide high accuracy and reproducible test results and is with more details described in the respective measurement chapters.

A general electrical drawing with winding and pin definitions of a CMC is shown in Figure D.1.

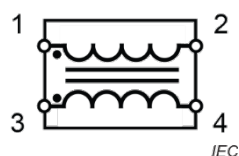


Figure D.1 – General electrical drawing of a CMC

For the measurements described below, the CMC line 1 is defined as the CMC winding between pin 1 and pin 2, and line 2 is defined as the winding between pin 3 and pin 4.

D.3.2 Leakage inductance mismatch measurement

One of the electrical parameters of common mode chokes causing non-intended mode conversion due to CMC asymmetry is the absolute difference in the leakage inductances of the two windings, which can be obtained from the two-port S-parameter measurement of the CMC with two opposite CMC pins short-circuited to ground.

The test setup for evaluation of leakage inductance mismatch of a CAN common mode choke consists of a 2-port or 4-port VNA in combination with a special test board (adapter test board) as shown in Figure D.2. The test board is included into the test setup during VNA calibration. The reference points for calibration are defined to the pads of the CMC at the test board. The method requires a wide dynamic range (100 dB recommended) of the network analyzer.

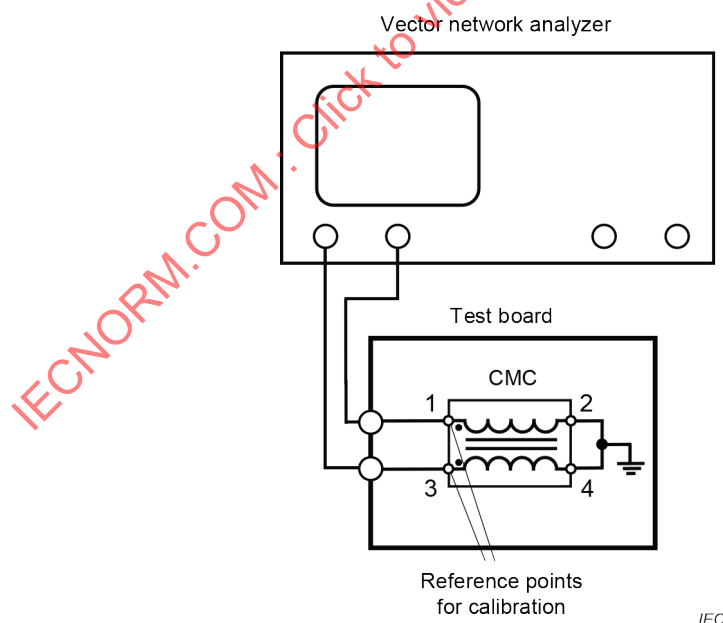


Figure D.2 – Test setup for 2-port S-parameter measurements for leakage inductance evaluation

The test equipment requirements are the following:

- 2-port or 4-port vector network analyzer;
- test board S-parameter measurement.

For leakage inductance characterization, a two-port two-layer test board should be used. The bottom layer is a solid ground plane. On the top layer two 50 Ω traces should be routed symmetrically at 45° to decrease parasitic inductive coupling. The short circuit and ground connection should be symmetric and as short as possible. To reduce uncertainties in the return current paths and parasitic capacitive coupling to the CMC, it is recommended that the top layer besides the traces and pads is not covered with ground plane.

An example of a recommended two port test board is given in Figure D.3.

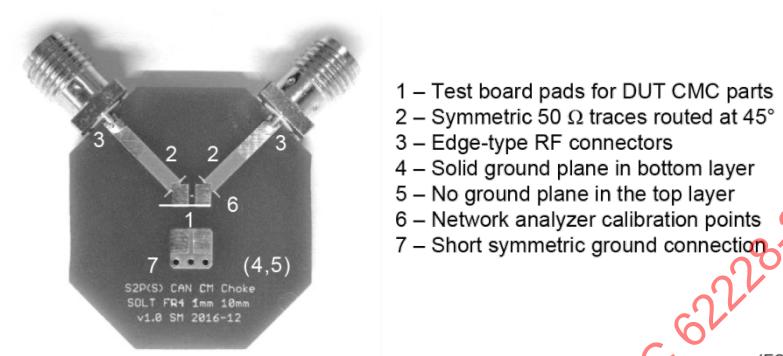


Figure D.3 – Example of a two-port test board for CMC leakage inductance characterization

The leakage inductance characterization can also be performed at a four-port test board or a respective fixture of the network analyzer, as the required two-port S-parameter can be calculated from the four-port S-parameter.

Calibration and test board validation requires high accuracy. The VNA calibration should be performed up to the tips of the test board pads. High accuracy can be reached with SOLT calibration up to the cable connectors and shifting the reference plane further to the tips of the pads e.g. by using a VNA port extension feature.

The test board symmetry and calibration accuracy should be validated with measurement of an open-circuit fixture (without DUT), a short-circuit fixture (two 0 Ω resistors connected in place of DUT) and a typical DUT CMC sample. The remaining open-circuit capacitance should not exceed 150 fF. The short-circuit fixture inductances should not exceed 4 nH and the difference should not exceed 2 nH. The validation with a typical CMC sample is recommended to be performed twice with ports 1 and 2 swapped. The measured characteristics are also expected to swap, which confirms negligible influence of the measurement setup.

The test procedure and parameters are defined in Table D.1.

Table D.1 – Test procedure and parameters for leakage inductance evaluation

Item	Parameter
Frequency range:	0,3 MHz to 20 MHz
S-parameter:	S_{11} , logarithmic magnitude in dB / line 1 S_{22} , logarithmic magnitude in dB / line 2 S_{21} , logarithmic magnitude in dB / line 1 to line 2 S_{12} , logarithmic magnitude in dB / line 2 to line 1
VNA measurement circuit:	port definitions: logic port 1: physical port 1 / CMC line 1 logic port 2: physical port 2 / CMC line 2 Pin 1 of CMC indicates line 1. S_{11}, S_{22}, S_{21}, S_{12} measurement: 50 Ω input impedance at each measurement port

Item	Parameter
Calculation method:	1) Calculate Z-parameters from S-parameter. $[S] = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{21} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \Rightarrow [Z] = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix}$ All calculations should be performed using raw or linearly interpolated data, to avoid inaccuracy introduced by e.g. spline interpolation or rational fitting. 2) calculate the effective coupled mutual impedance Z_M and the effective non-coupled leakage impedances Z_{01} and Z_{02} for lines 1 and 2: $Z_M = (z_{21} + z_{12}) / 2$ $Z_{01} = z_{11} - Z_M$ $Z_{02} = z_{22} - Z_M$ 3) Calculate effective mutual and leakage inductances $L_M(f)$, $L_{01}(f)$ and $L_{02}(f)$: $Z = R + j\omega L$ $L_m \approx \text{im}(Z_M) / (2\pi f)$ $L_{01} \approx \text{im}(Z_{01}) / (2\pi f)$ $L_{02} \approx \text{im}(Z_{02}) / (2\pi f)$ 4) Calculate the averaged leakage inductance values L_{01_AVG} and L_{02_AVG}: The values L_{01_AVG} and L_{02_AVG} are extracted by averaging $L_{01}(f)$ and $L_{02}(f)$ in the usable frequency range where stable frequency independent data can be obtained. The usable frequency range is limited at upper frequencies by the self-resonance frequency of the mutual impedance Z_M. At lower frequencies, the leakage impedance data may decrease below the noise floor or become invalid due to calibration issues. An example is provided in Figure D.4. 5) Calculate the leakage inductance mismatch value $\Delta L_{01,02}$: $\Delta L_{01-02} = L_{01_AVG} - L_{02_AVG} $

The measurements should be performed and documented according to the scheme given in Table D.2.

Table D.2 – Leakage inductance measurements

Test	Parameter	Sample
Li1	$L_M, L_{01}, L_{02}, \Delta L_{01,02}$	10 samples

The results of 10 sample measurements should be documented in diagrams and the extracted values of $L_M, L_{01}, L_{02}, \Delta L_{01,02}$ for all verified samples should be documented in a table showing minimum and maximum values in the test report. The obtained maximum of leakage inductance mismatch $\Delta L_{01,02}$ is used to classify the mode conversion performance of the CMC and can be used to evaluate the risk of variation of EMC test results in CAN transceiver

communication networks. The leakage inductance mismatch classes are shown in Table D.3 and are related to the S_{sd21} and S_{sd12} DCMR characteristic classes in Figure D.10.

Table D.3 – Leakage inductance mismatch classes

Class	$\Delta L_{01,02}$	Comment
I	≥ 140 nH	e.g. ≥ 8 dB variation, effect on emission results in communication frequency range
II	40 nH to 140 nH	e.g. ≤ 8 dB variation, effect on emission results in communication frequency range
III	≤ 40 nH	e.g. ≤ 2 dB variation, effect on emission results in communication frequency range

An example of a measurement result for a typical CMC is shown in Figure D.4. The valid data for mutual and leakage winding inductances is observed in the frequency range from $f = 300$ kHz to $f = 10$ MHz. The average values are $L_M = 117$ μ H, $L_{01} = 97$ nH and $L_{02} = 7$ nH with an absolute difference of $\Delta L_{01,02} = 90$ nH.

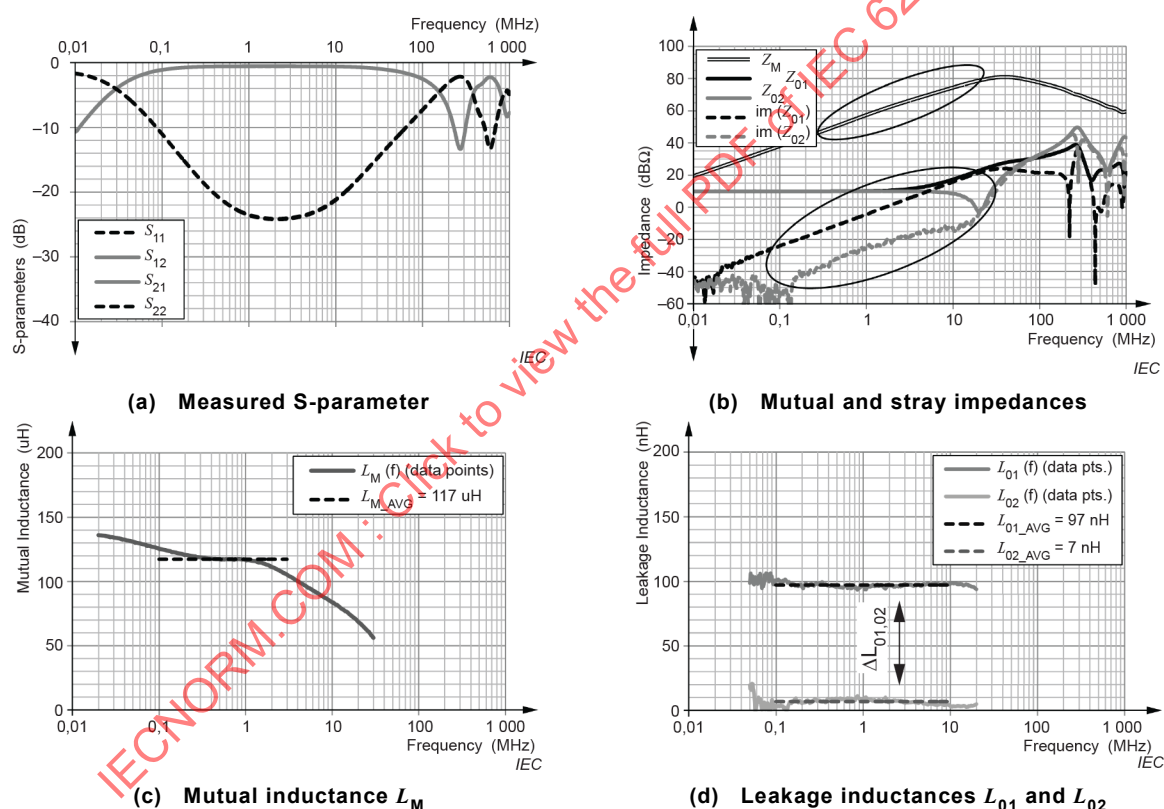


Figure D.4 – Example of CMC characterization measurement results

D.3.3 S-parameter measurement mixed mode

The test setup for measuring the mixed mode S-parameter consists of a 4-port VNA in combination with a special test board (adapter test board). The test board is included into the test setup during VNA calibration. The reference points for calibration are defined to the pads of the CMC at the test board.

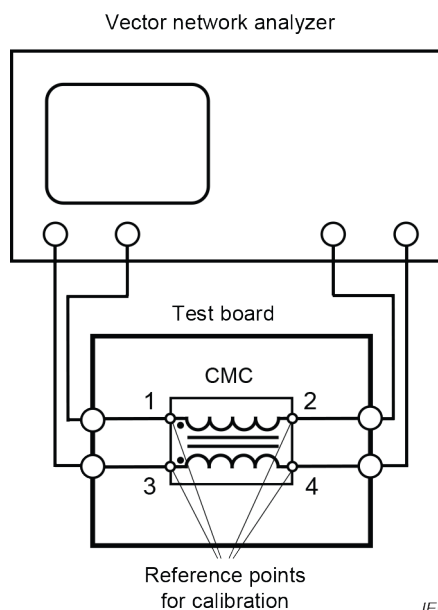


Figure D.5 – Test setup for S-parameter measurements

The test equipment requirements are the following:

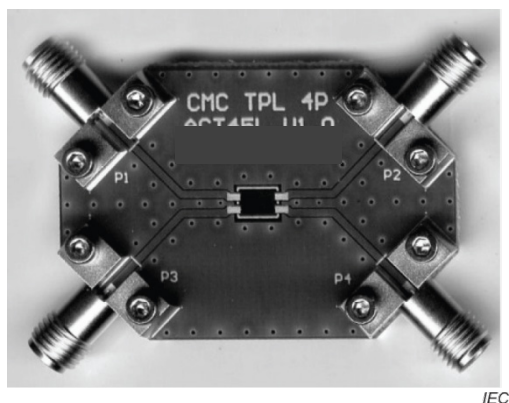
- 4-port vector network analyzer;
- test board S-parameter mixed mode (4-port);
- test board S-parameter single ended (3-port).

For S-parameter, 3-port test board additional specific requirements are defined. The 3-port test board with soldered RF connectors used for balance measurement is intended to have a very high grade of self-balance. To verify the test board self-balance characteristic, the test parameter and requirements given in Table D.4 are defined.

Table D.4 – Test procedure and parameters for 3-port test board characterization

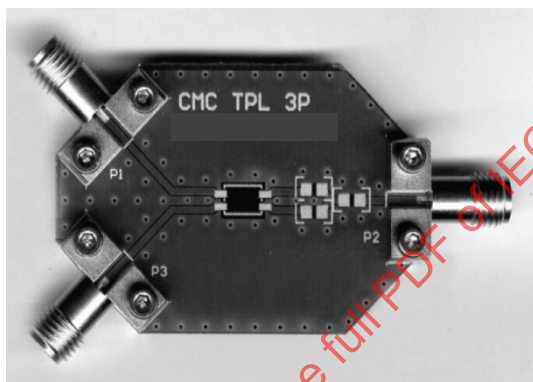
Parameter	Description
Frequency range:	0,3 MHz to 1 GHz
S-parameter:	S_{dc11} (LCL), logarithmic magnitude in dB / differential port side of 3-port test board.
VNA measurement circuit:	port definitions: mixed mode logic port 1: physical port 1a and port 1b differential mode input (logical port 1): 50 Ω impedance each 3-Port test board VNA port 1a (50 Ω) Logical port 1 VNA port 1b (50 Ω) CMC not soldered The DUT shall be not soldered at the fixture self-balance measurement.

Examples for test fixtures are given in Figure D.6 and Figure D.7.



IEC

Figure D.6 – Example test board S-parameter measurement – Mixed mode, top layer



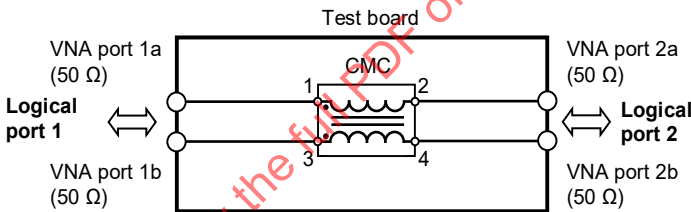
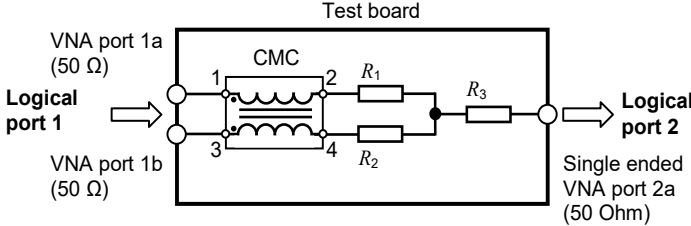
IEC

Figure D.7 – Example test board S-parameter measurement – Single ended, top layer

The reference points for calibration are the pads of the CMC footprint at the test board.

The test procedure and parameters are defined in Table D.5.

Table D.5 – Test procedure and parameters for S-parameter measurements

Item	Parameter
Frequency range:	0,3 MHz to 1 GHz
S-parameter:	4-port parameters S_{dd21} (IL), logarithmic magnitude in dB S_{cc21} (CMR), logarithmic in dB 3-port parameters S_{sd21} (DCMR), logarithmic in dB / CMC orientation 1 S_{sd12} (DCMR), logarithmic in dB / CMC orientation 2 For S_{sd12} measurement, the terminal orientation of the CMC is rotated on the test board.
VNA measurement circuit:	port definitions: mixed mode logic port 1: physical port 1a and port 1b mixed mode logic port 2: physical port 2a and port 2b pin 1 of CMC is placed on logic port 1. 4-port measurements S_{dd21} and S_{cc21} mixed mode measurement: 50 Ω input impedance at each measurement port  3-port measurements S_{sd21} and S_{sd12} single ended measurement: differential mode input (logical port 1): 50 Ω impedance each common mode output (logical port 2): single ended network with 200 Ω impedance $R = R_1 R_2 + R_3 + R_{VNA \text{ port } 2a}$  $R_1 = R_2 = 49,9 \Omega$, $R_3 = 124 \Omega$ The accuracy of resistor values should be $\leq 1 \%$. The difference between matching resistors should be $\leq 0,1 \%$.

The measurements should be performed and documented according to the scheme given in Table D.6.

Table D.6 – Required S-parameter measurements

Test	S-parameter	Sample
S1	S_{dd21} (IL)	10 samples
S2	S_{cc21} (CMR)	
S3	S_{sd21} (DCMR)	
S4	S_{sd12} (DCMR)	

For each test case the results for all 10 samples should be documented as diagram in the test report. Recommended limits for evaluation are given in Figure D.8, Figure D.9 and Figure D.10.

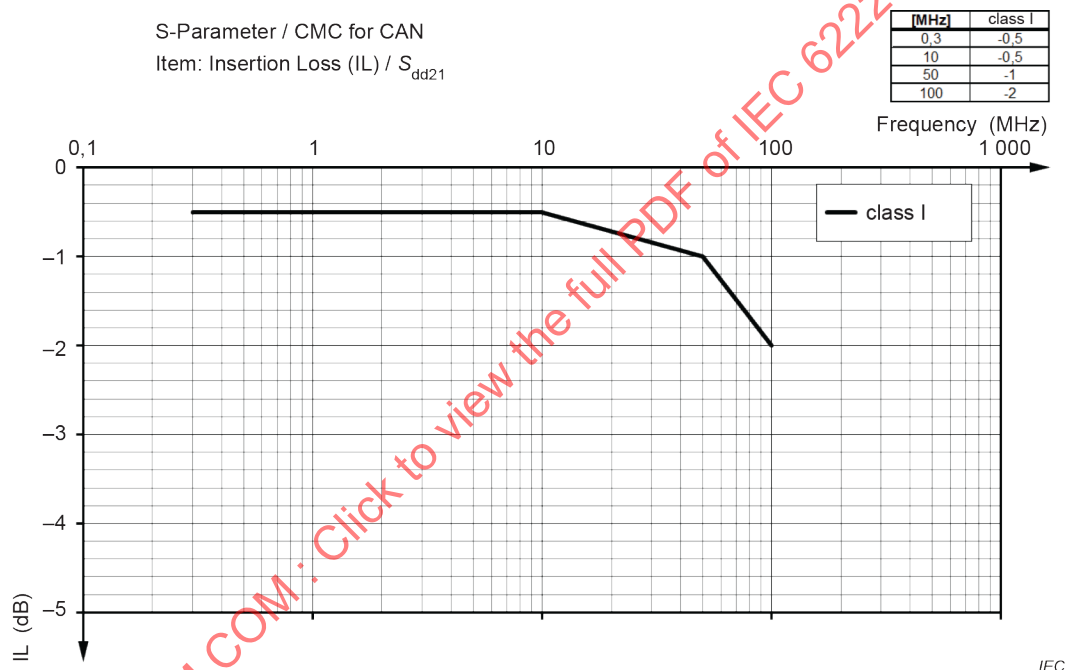
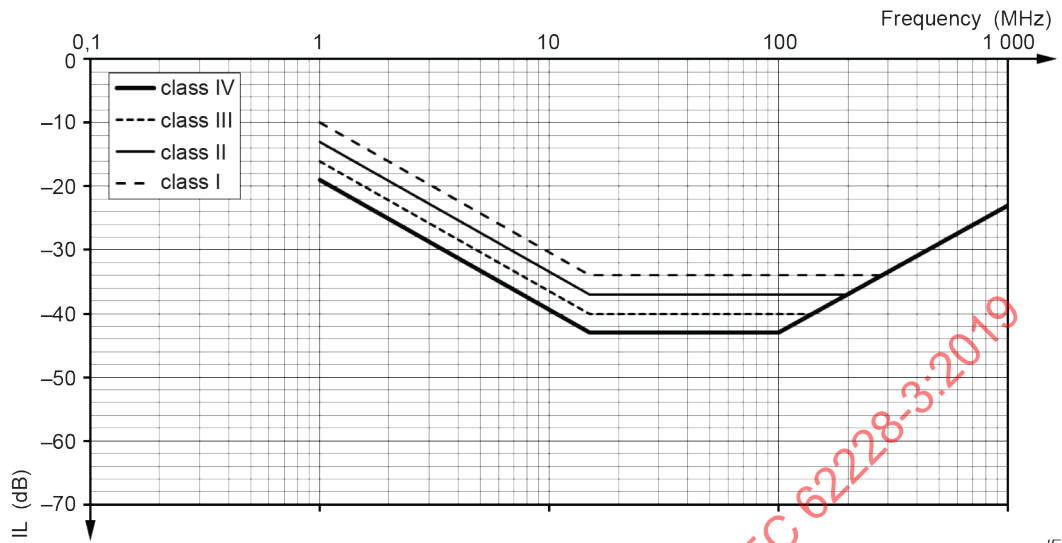


Figure D.8 – Recommended characteristics for S_{dd21} (IL)

S-Parameter / CMC for CAN

Item: Common Mode Rejection (CMR) / S_{dd21}

[MHz]	class IV	[MHz]	class III	[MHz]	class II	[MHz]	class I
1	-19	1	-16	1	-13	1	-10
15	-43	15	-40	15	-37	15	-34
80	-43	80	-40	80	-37	80	-34
100	-43	140	-40	200	-37	280	-34
1 000	-23	1 000	-23	1 000	-23	1 000	-23



IEC

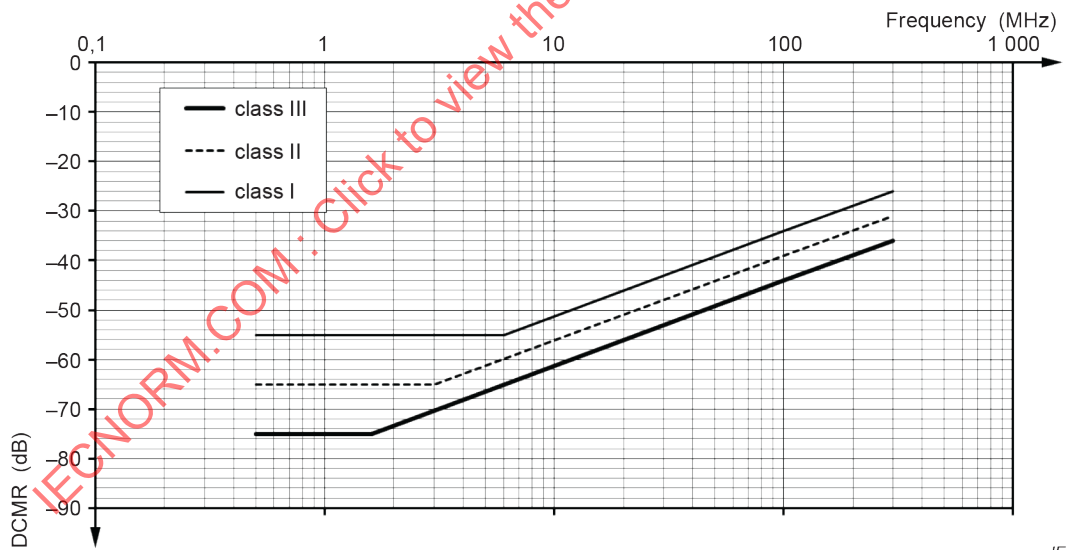
Figure D.9 – Recommended characteristic for S_{cc21} (CMR)

S-Parameter / CMC for CAN

Item: Differential to common mode rejection

(DCMR) / S_{sd12} , S_{sd21}

[MHz]	class III	[MHz]	class II	[MHz]	class I
0,5	-75	0,5	-65	0,5	-55
6	-75	3	-65	6	-55
100	-44	100	-39	100	-34
300	-36	300	-31	300	-26



IEC

Figure D.10 – Recommended characteristic for S_{sd21} and S_{sd12} (DCMR)

D.3.4 ESD damage

The test setup given in Figure D.11 is used for testing the ESD robustness of CMC.

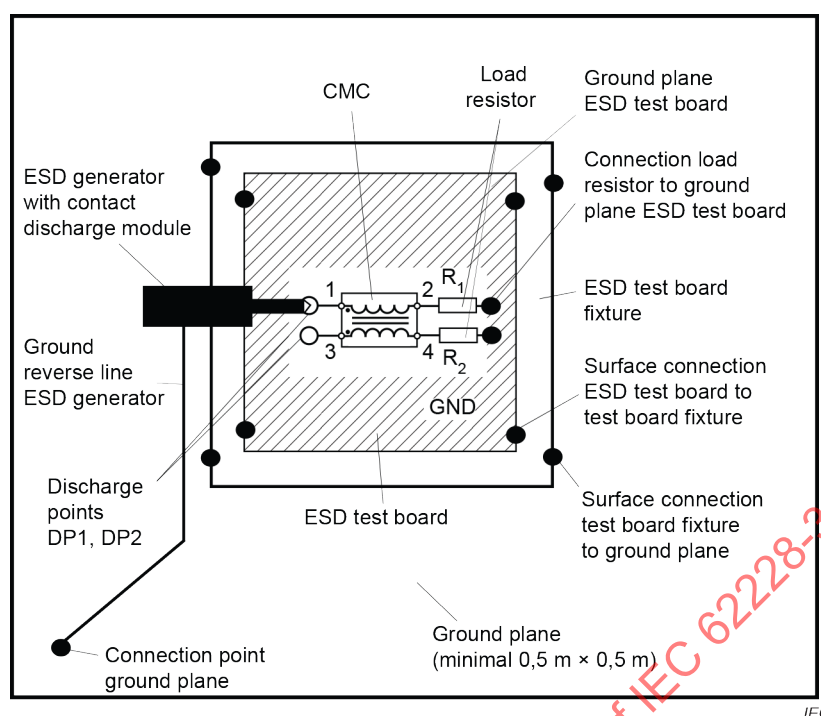


Figure D.11 – Test setup for ESD damage tests

The ground plane with a minimum size of 0,5 m × 0,5 m is connected to protective earth of the electrical grounding system of the test laboratory. The ESD generator ground return cable is directly connected to this ground plane.

The metallic test fixture positions the ESD test board and directly connects the ESD test board ground plane to the reference ground plane. The ground connection of the test fixture is connected to ground plane with low impedance and low inductance. This surface connection should have a contact area of at least 4 cm². Copper tapes can be used in addition.

On testing, the tip of the ESD generator is directly contacted with one of the discharge points ESD1 and ESD3 of the ESD test board. For this purpose, the discharge points are implemented as rounded vias in the layout of the ESD test board and are directly connected by a trace (15 ± 5) mm with the respective pin of the CMC.

The test equipment requirements are the following:

- ESD generator (according to ISO 10605, discharge storage capacitor $C = 150 \text{ pF}$ and discharge resistor $R = 330 \text{ }\Omega$);
- ESD test board;
- ground plane;
- test board fixture.

An example for ESD test board is given in Figure D.12.

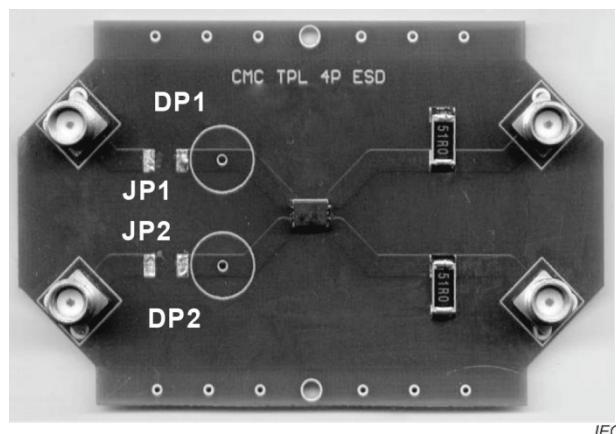


Figure D.12 – Example test board ESD, top layer

For check of damage evaluation criteria (S-parameter), the reference points for calibration are the input of RF connector (SMA) at the test board.

NOTE For ESD tests, the serial jumpers JP1 and JP2 are left open and the resistors R1 and R2 are placed. For S-parameter measurement, the jumpers JP1 and JP2 are closed and the resistors R1 and R2 are not placed.

The required tests and procedure are defined in Table D.9, the test parameters are defined in Table D.7 and should be done on one sample as defined in Table D.8.

Table D.7 – Test parameters for ESD damage tests

Item	Parameter
Coupling of ESD:	Direct discharge method according to ISO 10605 (discharge storage capacitor $C = 150 \text{ pF}$ and discharge resistor $R = 330 \text{ }\Omega$)
Test circuit:	Test board $R_1 = R_2 = 50 \text{ }\Omega$ All resistors are in form the SMD design 1206 or larger with a maximum tolerance of 2 %. The exact type and manufacturer of the used resistors shall be documented in the test report.
ESD test voltage:	$\pm 8 \text{ kV}$
Number of discharges:	10 per polarity
Time between discharges:	5 s
Damage evaluation criteria:	– deviate by more than 0,1 dB from the initial value after performing the tests for S-parameter S_{dd21} for frequencies $f \leq 200 \text{ MHz}$ – deviate by more than 1 dB from the original value after performing the tests for S-parameter S_{cd21} for frequencies $f \leq 200 \text{ MHz}$ The S-parameter measurements should be done according to D.3.3. Level at noise floor or strong resonances shall be ignored for evaluation. For simplification of measurement the S-parameter S_{cd21} is measured with the same test setup as used for the other required parameter.

Item	Parameter
Test procedure:	1) S-parameter reference measurement before ESD test; 2) apply ESD discharges at DP1 (± 8 kV, 10 per polarity, 5 s delay); 3) apply ESD discharges at DP2 (± 8 kV, 10 per polarity, 5 s delay); 4) demagnetization of CMC (if needed); 5) evaluate damage using damage evaluation criteria. If damage occurs at ± 8 kV, the test should be repeated with a reduced ESD test voltage.

The measurements should be performed and documented according to the scheme given in Table D.8.

Table D.8 – Required ESD tests for damage

Test	Discharge point	Comment	Sample
E1	DP1	Line 1	1 sample
E2	DP2	Line 2	

The CMC should withstand the ESD discharge without damage according to the damage evaluation criteria up to ± 8 kV.

D.3.5 Saturation test at RF disturbances

The test setup for measuring the saturation effect at RF immunity tests consists of a 4-port VNA or 2-port VNA in combination with a RF amplifier, RF attenuator and a special test board. The test setup is given in Figure D.13.

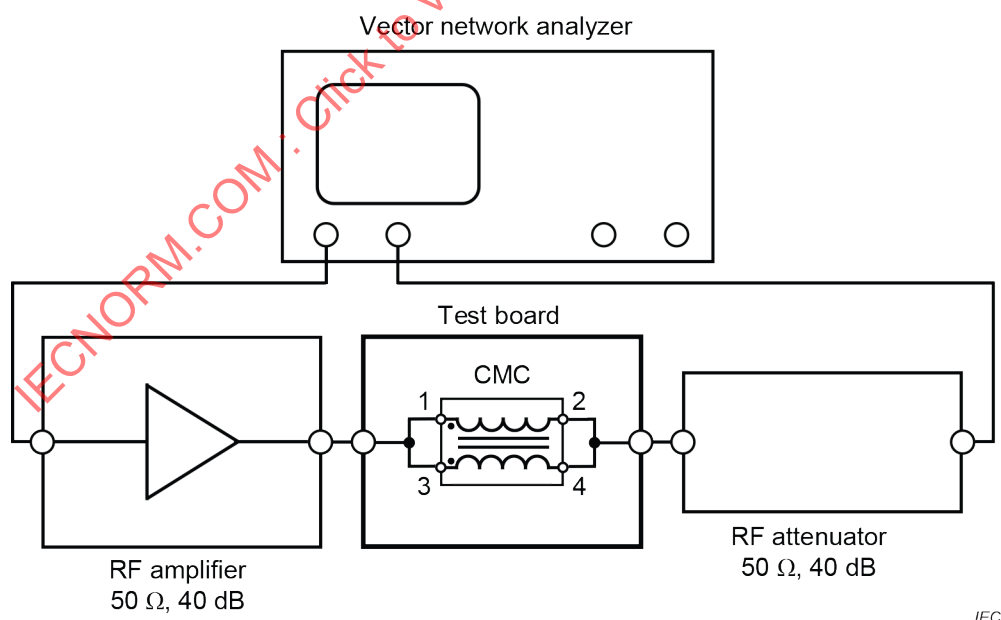


Figure D.13 – Test setup for RF saturation measurements

The test equipment requirements are the following:

- 4-port or 2-port vector network analyzer;
- RF amplifier (impedance 50 Ω , gain app. 40 dB, $P_{CW} \geq 10$ W);

- RF attenuator (impedance 50 Ω , attenuation 40 dB);
- test board RF saturation/S-parameter (2-port).

An example for RF saturation/S-parameter test board is given in Figure D.14.

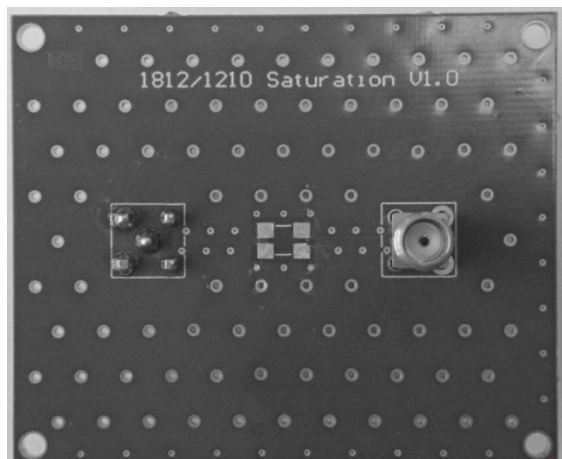


Figure D.14 – Example RF saturation/S-parameter test board, top layer

The required test procedure and parameters are defined in Table D.9. The test should be done on one sample.

Table D.9 – Test procedure and parameters for RF saturation tests

Item	Parameter
Frequency range:	1 MHz to 1 GHz
S-parameter power level:	S_{21} (CMR), logarithmic magnitude in dB / transceiver side
VNA measurement test circuit:	port definitions: logic port 1: physical port 1 / transceiver side logic port 2: physical port 2 / connector side pin 1 of CMC is placed on transceiver side (logic port 1) S_{21} measurement: 50 Ω input impedance at each measurement port
Test power level:	forward power: 24 dBm, 30 dBm, 36 dBm (applied to DUT)
Dwell time per power level:	60 s
Evaluation criteria of saturation effect:	maximum deviation of 1 dB from the CMR reference value at 24 dBm for the power level 30 dBm maximum deviation of 1 dB from the CMR reference value at 24 dBm for the power level 36 dBm above 10MHz

Item	Parameter
Test procedure:	1) measure the reference value at power level 24 dBm; 2) test with power level 30 dBm and evaluation; 3) test with power level 36 dBm and evaluation.

The tests should be performed and documented according to the scheme given in Table D.10.

Table D.10 – Required RF saturation tests

Test	S-parameter	Sample
RFS	S_{21} (CMR)	1 sample

The CMC should withstand the RF power saturation test according to the evaluation criteria up to power amplitude of 36 dBm.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62228-3:2019

Bibliography

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

CISPR 16-1-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62228-3:2019

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62228-3:2019

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	81
1 Domaine d'application	83
2 Références normatives	83
3 Termes, définitions et termes abrégés	84
3.1 Termes et définitions	84
3.2 Termes abrégés	85
4 Généralités	85
5 Conditions d'essai et conditions de fonctionnement	87
5.1 Conditions d'alimentation et conditions ambiantes	87
5.2 Modes de fonctionnement pour l'essai	87
5.3 Configuration d'essai	87
5.3.1 Configuration d'essai générale pour un réseau d'émetteur-récepteur	87
5.3.2 Configuration d'essai générale pour l'essai des décharges électrostatiques en mode passif	88
5.3.3 Essais de réseau d'émetteur-récepteur – Ports de couplage et réseaux de couplage	89
5.3.4 Essais des décharges électrostatiques – Ports de couplage et réseaux de couplage	90
5.4 Signaux d'essai	91
5.4.1 Généralités	91
5.4.2 Signaux d'essai pour le mode fonctionnel normal	92
5.4.3 Signal d'essai pour la phase de réveil du mode basse puissance	93
5.5 Critères d'évaluation	97
5.5.1 Généralités	97
5.5.2 Critères d'évaluation pour les modes fonctionnels	98
5.5.3 Critères d'évaluation en mode passif, après exposition aux perturbations	105
5.5.4 Classes d'état	106
6 Essai et mesure	106
6.1 Emission de perturbations radioélectriques	106
6.1.1 Méthode d'essai	106
6.1.2 Disposition d'essai	106
6.1.3 Mode opératoire d'essai et paramètres	107
6.2 Immunité aux perturbations radioélectriques	108
6.2.1 Méthode d'essai	108
6.2.2 Disposition d'essai	109
6.2.3 Mode opératoire d'essai et paramètres	110
6.3 Immunité aux impulsions	114
6.3.1 Méthode d'essai	114
6.3.2 Disposition d'essai	114
6.3.3 Mode opératoire d'essai et paramètres	115
6.4 Décharge électrostatique (DES)	119
6.4.1 Méthode d'essai	119
6.4.2 Disposition d'essai	119
6.4.3 Mode opératoire d'essai et paramètres	121
7 Rapport d'essai	122
Annexe A (normative) Circuits d'essai CAN	124

A.1	Généralités	124
A.2	Circuit d'essai pour les émetteurs-récepteurs CAN dans les modes fonctionnels	124
A.3	Circuit d'essai pour les émetteurs-récepteurs CAN dans l'essai des décharges électrostatiques	129
Annexe B (normative)	Cartes d'essai	131
B.1	Carte d'essai pour les essais dans les modes fonctionnels	131
B.2	Essai des décharges électrostatiques	131
Annexe C (informative)	Exemples de limites d'essai pour les émetteurs-récepteurs CAN dans les applications automobiles	133
C.1	Généralités	133
C.2	Emission de perturbations radioélectriques	133
C.3	Immunité aux perturbations radioélectriques	134
C.4	Immunité aux impulsions	137
C.5	Décharge électrostatique (DES)	138
Annexe D (informative)	Caractérisation de la réjection du mode commun pour les interfaces du bus CAN	139
D.1	Généralités	139
D.2	Abréviations	139
D.3	Essai CMC	139
D.3.1	Généralités	139
D.3.2	Mesure de la non-adaptation de l'inductance de fuite	140
D.3.3	Mesure du paramètre "S" du mode mixte	145
D.3.4	Dommages de DES	151
D.3.5	Essai de saturation aux perturbations radioélectriques	154
Bibliographie		156
Figure 1	– Configuration générale pour les essais sur un réseau d'émetteur-récepteur	88
Figure 2	– Configuration générale pour l'essai des décharges électrostatiques en mode passif	88
Figure 3	– Essais de réseau d'émetteur-récepteur – ports de couplage et réseaux de couplage	89
Figure 4	– Ports de couplage et réseaux de couplage pour les essais des décharges électrostatiques	91
Figure 5	– Définition des points de déclenchement et des masques de violation pour les émetteurs-récepteurs CAN avec une capacité de taux de transfert flexible	103
Figure 6	– Écart maximal sur la caractéristique IV	105
Figure 7	– Disposition d'essai pour la mesure des perturbations radioélectriques	107
Figure 8	– Disposition d'essai pour les essais DPI	109
Figure 9	– Disposition d'essai pour les essais d'immunité aux impulsions	115
Figure 10	– Disposition d'essai pour les essais de décharge électrostatique directe – disposition principale	120
Figure 11	– Disposition d'essai pour les essais des décharges électrostatiques directes – stimulation et contrôle	121
Figure A.1	– Schéma général du circuit du réseau d'essai des émetteurs-récepteurs CAN standard, dans les modes fonctionnels	127
Figure A.2	– Schéma général du circuit du réseau d'essai des émetteurs-récepteurs CAN, dans les modes fonctionnels	129

Figure A.3 – Schéma général du circuit pour les essais des décharges électrostatiques directes des émetteurs-récepteurs CAN, en mode passif	130
Figure B.1 – Exemple d'interconnexions de CI pour transfert de signal CAN	131
Figure B.2 – Exemple de carte d'essai de DES pour les émetteurs-récepteurs CAN.....	132
Figure C.1 – Exemple de limites pour les émissions radioélectriques – CAN avec filtre de bus	133
Figure C.2 – Exemple de limites pour les émissions radioélectriques – autres broches externes.....	134
Figure C.3 – Exemple de limites pour les émissions radioélectriques – alimentations locales	134
Figure C.4 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques pour la classe d'état fonctionnel A _{IC} – CAN avec filtre de bus	135
Figure C.5 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques, pour la classe d'état fonctionnel A _{IC} – CAN	135
Figure C.6 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques pour la classe d'état fonctionnel A _{IC} – autres broches externes	136
Figure C.7 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques pour la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC} – CAN avec filtre de bus	137
Figure C.8 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques pour la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC} – autres broches externes	137
Figure D.1 – Schéma électrique général d'une CMC	140
Figure D.2 – Montage d'essai pour des mesures de paramètre "S" à 2 ports pour l'évaluation de l'inductance de fuite.....	141
Figure D.3 – Exemple d'une carte d'essai à deux ports pour la caractérisation de l'inductance de fuite de la CMC.....	141
Figure D.4 – Exemple de résultats des mesures de la caractérisation de la CMC.....	145
Figure D.5 – Montage d'essai pour les mesures du paramètre "S"	146
Figure D.6 – Exemple de carte d'essai de mesure du paramètre "S" – mode mixte, couche supérieure	147
Figure D.7 – Exemple de carte d'essai de mesure du paramètre "S" – extrémité unique, couche supérieure	148
Figure D.8 – Caractéristiques recommandées pour S _{dd21} (IL).....	150
Figure D.9 – Caractéristiques recommandées pour S _{cc21} (CMR)	150
Figure D.10 – Caractéristique recommandée pour S _{sd21} et S _{sd12} (DCMR)	151
Figure D.11 – Montage d'essai pour les essais de dommages de DES.....	151
Figure D.12 – Exemple de carte d'essai de DES, couche supérieure.....	152
Figure D.13 – Montage d'essai pour les mesures de la saturation RF	154
Figure D.14 – Exemple de carte d'essai de saturation RF / paramètre "S", couche supérieure	154
Tableau 1 – Vue d'ensemble des mesures et essais	86
Tableau 2 – Conditions d'alimentation et conditions ambiantes pour le fonctionnement	87
Tableau 3 – Essais de réseau d'émetteur-récepteur – Définitions des valeurs des composants des ports de couplage et des réseaux de couplage	90
Tableau 4 – Définitions des ports de couplage pour les essais des décharges électrostatiques	91
Tableau 5 – Signal d'essai de communication TX1.....	92
Tableau 6 – Signal d'essai de communication TX2a.....	93

Tableau 7 – Signal d'essai de communication TX2b.....	93
Tableau 8 – Signal d'essai de réveil TX3	94
Tableau 9 – Signal d'essai de communication TX4a.....	94
Tableau 10 – Signal d'essai de communication TX4b.....	95
Tableau 11 – Signal d'essai de communication TX4c.....	95
Tableau 12 – Signal d'essai de communication TX4d.....	95
Tableau 13 – Signal d'essai de communication TX4e.....	96
Tableau 14 – Signal d'essai de communication TX4f1.....	96
Tableau 15 – Signal d'essai de communication TX4f2.....	96
Tableau 16 – Signal d'essai de communication TX4g.....	97
Tableau 17 – Signal d'essai de communication TX4h.....	97
Tableau 18 – Signal d'essai de communication TX4i.....	97
Tableau 19 – Critères d'évaluation pour les fonctions standard de l'émetteur-récepteur CAN.....	99
Tableau 20 – Critères d'évaluation pour les émetteurs-récepteurs CAN avec une fonctionnalité de mise en réseau partielle	100
Tableau 21 – Définition spécifique pour le mode opératoire d'essai prévu pour l'évaluation de la fonction de mise en réseau partielle de l'émetteur-récepteur CAN	101
Tableau 22 – Critères d'évaluation pour les émetteurs-récepteurs CAN avec une capacité de taux de transfert flexible.....	102
Tableau 23 – Définition des masques de violation pour les émetteurs-récepteurs CAN avec une capacité de taux de transfert flexible.....	104
Tableau 24 – Définition des classes d'état fonctionnel	106
Tableau 25 – Paramètres des équipements de mesure des émissions radioélectriques	108
Tableau 26 – Mesures des émissions radioélectriques.....	108
Tableau 27 – Spécifications pour les essais DPI	110
Tableau 28 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC} de la fonction standard de l'émetteur-récepteur CAN.....	111
Tableau 29 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC} de la fonction de mise en réseau partielle de l'émetteur-récepteur CAN	112
Tableau 30 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC} de la fonction CAN FD de l'émetteur-récepteur CAN.....	113
Tableau 31 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC} des émetteurs-récepteurs CAN	113
Tableau 32 – Spécifications pour les essais d'immunité aux impulsions	116
Tableau 33 – Paramètres de l'essai d'immunité aux impulsions	116
Tableau 34 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC} de la fonction standard de l'émetteur-récepteur CAN.....	117
Tableau 35 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC} de la fonction de mise en réseau partielle de l'émetteur-récepteur CAN	118
Tableau 36 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC} de la fonction CAN FD de l'émetteur-récepteur CAN	118
Tableau 37 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC} des émetteurs-récepteurs CAN	119
Tableau 38 – Spécifications pour les essais des décharges électrostatiques directes	122
Tableau 39 – Essais de décharge électrostatique en mode passif pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel D _{IC} des émetteurs-récepteurs CAN	122

Tableau B.1 – Paramètres de la carte d'essai de DES	132
Tableau C.1 – Exemple de limites pour l'immunité aux perturbations radioélectriques, pour les classes d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC}	138
Tableau D.1 – Mode opératoire d'essai et paramètres pour l'évaluation de l'inductance de fuite	143
Tableau D.2 – Mesures de l'inductance de fuite	144
Tableau D.3 – Classes de non-adaptation de l'inductance de fuite	145
Tableau D.4 – Mode opératoire d'essai et paramètres pour la caractérisation de la carte d'essai à 3 ports.....	147
Tableau D.5 – Mode opératoire d'essai et paramètres pour les mesures du paramètre "S" .	148
Tableau D.6 – Mesures exigées du paramètre "S"	149
Tableau D.7 – Paramètres d'essai pour les essais de dommages de DES.....	153
Tableau D.8 – Essais de DES exigés pour les dommages.....	153
Tableau D.9 – Mode opératoire d'essai et paramètres pour les essais de saturation RF	155
Tableau D.10 – Essais de saturation RF exigés	155

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62228-3:2019

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CIRCUITS INTÉGRÉS –
ÉVALUATION DE LA CEM DES ÉMETTEURS-RÉCEPTEURS –****Partie 3: Émetteurs-récepteurs CAN****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 62228-3 a été établie par le sous-comité 47A: Circuits intégrés, du comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette première édition annule et remplace la première édition de l'IEC TS 62228 parue en 2007 et constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC TS 62228:

- a) présentation des émetteurs-récepteurs CAN avec une fonctionnalité de mise en réseau partielle et les émetteurs-récepteurs CAN avec une capacité de taux de transfert flexible et ajout de leurs modes de fonctionnement ainsi que des descriptions des essais respectifs aux paragraphes concernés du document;

- b) présentation d'un réseau de communication minimal avec deux émetteurs-récepteurs CAN;
- c) mise à jour des exigences et des performances d'essai dans l'Annexe C;
- d) ajout de l'Annexe D pour la caractérisation de la réjection du mode commun.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
47A/1050/CDV	47A/1069/RVC

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.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62228, publiées sous le titre général *Circuits intégrés – Évaluation de la CEM des émetteurs-récepteurs*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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.

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

Partie 3: Émetteurs-récepteurs CAN

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 émetteurs-récepteurs CAN placés en réseau. Elle définit les configurations d'essai, les conditions d'essai, les signaux d'essai, les critères de défaillance, les modes opératoires d'essai, les dispositions d'essai et les cartes d'essai. Elle est applicable aux émetteurs-récepteurs CAN standard, aux émetteurs-récepteurs CAN avec une fonctionnalité de mise en réseau partielle et aux émetteurs-récepteurs CAN avec une capacité de taux de transfert flexible et couvre

- l'émission de perturbations radioélectriques,
- l'immunité aux perturbations radioélectriques,
- l'immunité aux transitoires électriques, et
- 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 – Évaluation de la CEM des émetteurs-récepteurs – Partie 1: Conditions générales et définitions (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 10605, *Véhicules routiers – Méthodes d'essai des perturbations électriques provenant de décharges électrostatiques*

ISO 11898-1, *Véhicules routiers – Gestionnaire de réseau de communication (CAN) – Partie 1: Couche liaison de données et signalisation physique*

ISO 11898-2, *Véhicules routiers – Gestionnaire de réseau de communication (CAN) – Partie 2: Unité d'accès au support à haute vitesse*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 62228-1, l'IEC 61967-1 et l'IEC 62132-1, ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

broche externe

broche transmettant un signal ou une alimentation qui entre ou qui sort directement de la carte d'application, sans intégrer de composant actif intermédiaire

3.1.2

émetteur-récepteur CAN standard

émetteur-récepteur disposant de fonctionnalités conformes à l'ISO 11898-2, de taux de transfert allant jusqu'à 1 Mbit/s et d'un accès aux signaux RxD et TxD

3.1.3

émetteur-récepteur CAN PN

émetteur-récepteur disposant d'une fonctionnalité de mise en réseau partielle conforme à l'ISO 11898-2 et un accès aux signaux RxD et TxD

3.1.4

émetteur-récepteur CAN FD

émetteur-récepteur disposant d'une capacité de taux de transfert flexible conforme à l'ISO 11898-2, de taux de transfert allant jusqu'à 2 Mbit/s ou 5 Mbit/s et d'un accès aux signaux RxD et TxD

3.1.5

basse puissance – repos

mode fonctionnel de l'émetteur-récepteur en basse puissance avec une polarisation active du bus

3.1.6

basse puissance – veille

mode fonctionnel de l'émetteur-récepteur en basse puissance avec une polarisation inactive du bus

3.1.7

basse puissance – repos PN

mode fonctionnel de l'émetteur-récepteur en basse puissance avec une polarisation active du bus et une détection de trame active

3.1.8

basse puissance – veille PN

mode fonctionnel de l'émetteur-récepteur en basse puissance avec une polarisation inactive du bus et une détection de trame configurée

3.1.9

composants obligatoires, pl

composants nécessaires au fonctionnement correct du CI comme indiqué par son fabricant

3.2 Termes abrégés

ASIC	application specific integrated circuit (circuit intégré spécifique)
CMC	common mode choke (réjection du mode commun)
DUT	device under test (dispositif en essai)
DPI	direct RF power injection (injection directe de puissance RF)
ERR	erreur
FD	flexible data rate (taux de transfert flexible)
INH	inhibition
CAN	controller area network (gestionnaire de réseau de communication)
PCB	printed circuit board (carte de circuit imprimé)
PN	partial networking (mise en réseau partielle)
RxD	receive data (réception de données)
SBC	system base chip (puce système principale)
TxD	transmit data (transmission de données)
WUF	wake-up frame (trame de réveil)

4 Généralités

Le but du présent document est d'évaluer les performances CEM des émetteurs-récepteurs CAN dans les conditions d'application d'un réseau minimal.

L'évaluation des caractéristiques de CEM des émetteurs-récepteurs CAN doit être faite en modes fonctionnels dans les conditions réseau pour les essais d'émissions radioélectriques, d'immunité aux perturbations radioélectriques et d'immunité aux impulsions, et sur un émetteur-récepteur individuel pour les essais des décharges électrostatiques.

Le but de ces essais est de déterminer les performances CEM sur les broches externes de l'émetteur-récepteur CAN, ces broches externes étant considérées comme "CEM" pertinentes

dans l'application visée. Pour un CI émetteurs-récepteurs CAN, ces broches sont CAN_H, CAN_L, V_{BAT} et WAKE. Selon le CI et ses fonctionnalités, il convient de considérer également d'autres broches comme V_{CC} par exemple.

Les méthodes d'essai utilisées pour la caractérisation de la CEM sont basées sur les Normes internationales présentant les essais de CEM des CI et sont décrites dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Vue d'ensemble des mesures et essais

	Essai	Méthode d'essai	Evaluation	Mode fonctionnel
Réseau d'émetteur-récepteur	Emissions radioélectriques	Couplage direct 150 Ω (IEC 61967-4)	Spectre	Normal
				Basse puissance – repos ^a
	Immunité aux perturbations radioélectriques (RF)	DPI (IEC 62132-4)	Fonctionnement	Normal
				Basse puissance – repos ^a
				Basse puissance – veille ^a
	Immunité aux impulsions (IMP)	Injection de transitoires non synchrones (IEC 62215-3)	Fonctionnement	Normal
				Basse puissance – repos ^a
Emetteur-récepteur individuel	Décharge électrostatique	Décharge au contact (ISO 10605)	Dommages	Basse puissance – veille ^a
				Mode passif

^a Si fourni par la mise en œuvre.

Les méthodes d'essai par couplage direct 150 Ω, l'essai DPI et la méthode d'injection de transitoires non synchrones sont appliqués pour l'évaluation des caractéristiques de CEM des émetteurs-récepteurs en condition réseau. Ces trois méthodes d'essai sont basées sur la même approche, exploitant le couplage par conduction. Il est donc possible d'utiliser la même carte d'essai pour tous ces essais en mode fonctionnel, ce qui allège les procédures et améliore la reproductibilité et la comparaison des résultats d'essai.

L'essai des décharges électrostatiques est effectué sur un émetteur-récepteur individuel, sur une carte d'essai dédiée.

Il convient d'effectuer tous les essais et mesures avec des émetteurs-récepteurs soudés sur des cartes d'essai spéciales, comme décrit à l'Annexe B, afin de garantir des conditions conformes à l'application et d'éviter les effets de mise en œuvre induits par les supports. Concernant les limites d'essai dans les applications automobiles, des exemples figurent à l'Annexe C.

En général, la définition des essais est effectuée pour les émetteurs-récepteurs CAN indépendants. Le cœur IP d'émetteur-récepteur CAN embarqué dans les SBC ou les ASIC doit suivre les méthodes d'essai pour les émetteurs-récepteurs CAN individuels, en adaptant les conditions et les performances d'essai si nécessaire. De telles adaptations doivent être effectuées pour le CI tout seul, mais doivent respecter les définitions générales.

Afin de vérifier les effets des filtres sur les performances CEM des émetteurs-récepteurs CAN, des configurations avec et sans filtre de bus (par exemple une réjection du mode commun, un condensateur) sur les broches CAN_H et CAN_L sont définies dans le présent document. Par conséquent, les caractéristiques de fréquence de ces filtres doivent être prises en compte dans l'interprétation des résultats d'essai. Se reporter à l'Annexe D pour de plus amples informations concernant la caractérisation de la réjection du mode commun.

5 Conditions d'essai et conditions de fonctionnement

5.1 Conditions d'alimentation et conditions ambiantes

Tous les essais et mesures effectués dans les conditions opérationnelles se basent sur des systèmes avec une alimentation de 12 V, ce qui constitue la principale application des émetteurs-récepteurs CAN. Si un émetteur-récepteur est conçu pour ou est destiné à d'autres tensions d'alimentation, les conditions d'essai et les performances d'essai doivent être adaptées et documentées en fonction. Les conditions d'alimentation et les conditions ambiantes définies pour le fonctionnement sont données dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Conditions d'alimentation et conditions ambiantes pour le fonctionnement

Paramètre	Valeur
Tension d'alimentation V_{BAText}^a	$(14 \pm 0,2)$ V (par défaut)
Tension d'alimentation V_{CCext}^a	$(5 \pm 0,1)$ V (par défaut)
Tension d'alimentation V_{IOext}^a	$(3,3 \pm 0,1)$ V (par défaut)
Température de l'essai	(23 ± 5) °C
^a V_{ext} correspond à la tension au niveau de la borne externe sur la carte d'essai comme représenté par exemple à la Figure A.1.	

Pour les mesures des émissions radioélectriques, le seuil de bruit ambiant doit être inférieur d'au moins 6 dB à la limite appliquée, et documenté dans le rapport d'essai.

Pour les essais des décharges électrostatiques, les exigences de conditions environnementales/climatiques de l'ISO 10605 doivent être appliquées.

5.2 Modes de fonctionnement pour l'essai

Les émetteurs-récepteurs CAN doivent être soumis à essai dans les modes fonctionnels et non alimentés conformément au Tableau 1.

5.3 Configuration d'essai

5.3.1 Configuration d'essai générale pour un réseau d'émetteur-récepteur

La configuration d'essai se compose, d'une manière générale, des émetteurs-récepteurs CAN avec leurs composants externes obligatoires, et des composants nécessaires au filtrage et au découplage (nœud CAN), dans un réseau d'essai minimal, quand les alimentations filtrées, les signaux, les sondes de contrôle et les réseaux de couplage sont connectés comme représenté à la Figure 1.

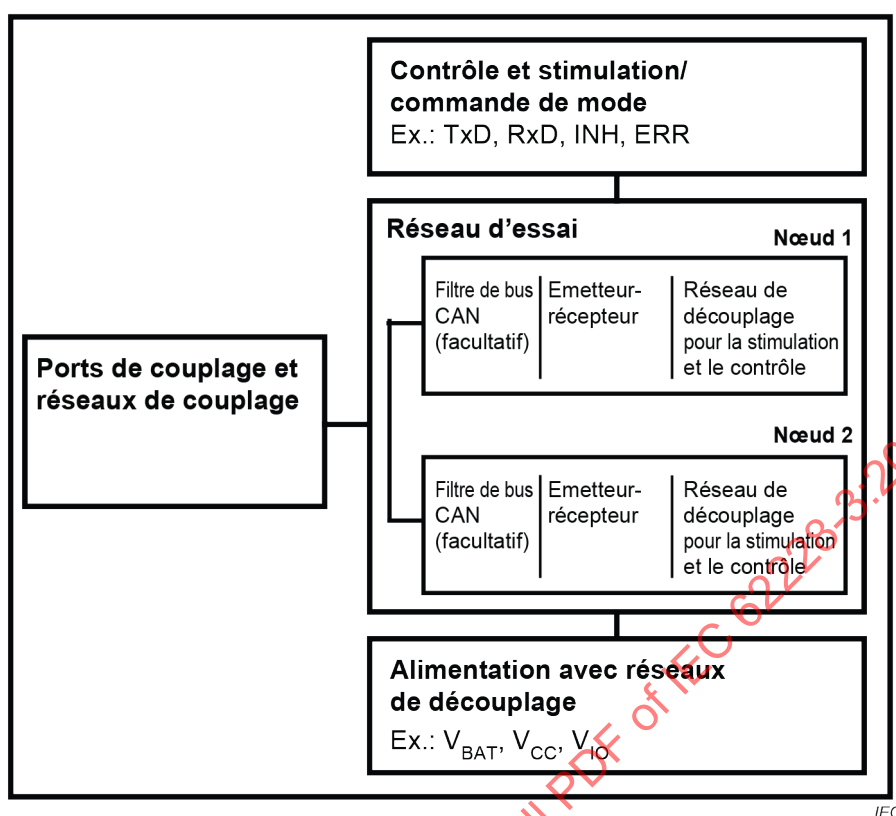


Figure 1 – Configuration générale pour les essais sur un réseau d'émetteur-récepteur

Pour l'évaluation des caractéristiques d'émissions radioélectriques, d'immunité aux émissions radioélectriques et d'immunité aux impulsions d'un émetteur-récepteur CAN dans les modes fonctionnels, un réseau d'essai CAN minimal composé de deux émetteurs-récepteurs CAN du même type doit être utilisé.

NOTE Dans des cas spécifiques ou à des fins d'analyse, un écart par rapport à cette disposition peut être convenu entre les utilisateurs de ce document et consigné dans le rapport d'essai.

Des schémas généraux plus détaillés sont donnés dans l'Annexe A.

5.3.2 Configuration d'essai générale pour l'essai des décharges électrostatiques en mode passif

La configuration générale pour l'essai des décharges électrostatiques des émetteurs-récepteurs CAN en mode passif se compose d'un émetteur-récepteur CAN seul avec ses composants externes obligatoires et ses composants de filtrage montés sur une carte d'essai avec réseaux de couplage de décharge, comme représenté à la Figure 2.

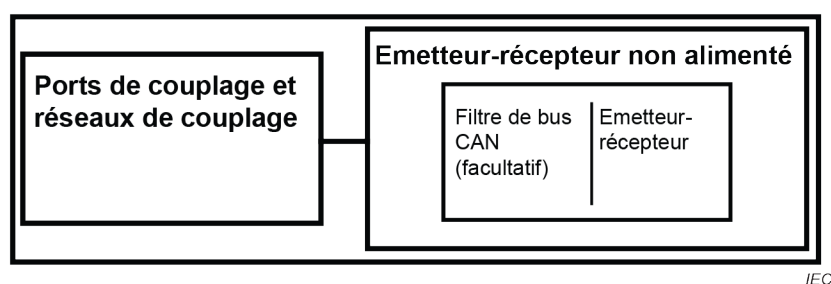


Figure 2 – Configuration générale pour l'essai des décharges électrostatiques en mode passif

5.3.3 Essais de réseau d'émetteur-récepteur – Ports de couplage et réseaux de couplage

Les ports de couplage et les réseaux de couplage sont destinés à transférer les perturbations depuis ou vers le réseau d'essai, avec une caractéristique de transfert définie. La représentation schématique des ports de couplage, des réseaux et des broches est donnée à la Figure 3. Les valeurs des composants dépendent de la méthode d'essai et sont définies dans le Tableau 3. La tolérance des composants ne doit pas dépasser 1 %. Pour les résistances R_{CP1a} et R_{CP1b} utilisées lors d'un découplage symétrique, une non-adaptation maximale de 0,1 % est recommandée.

NOTE Les composants peuvent être sélectionnés par la mesure de la valeur.

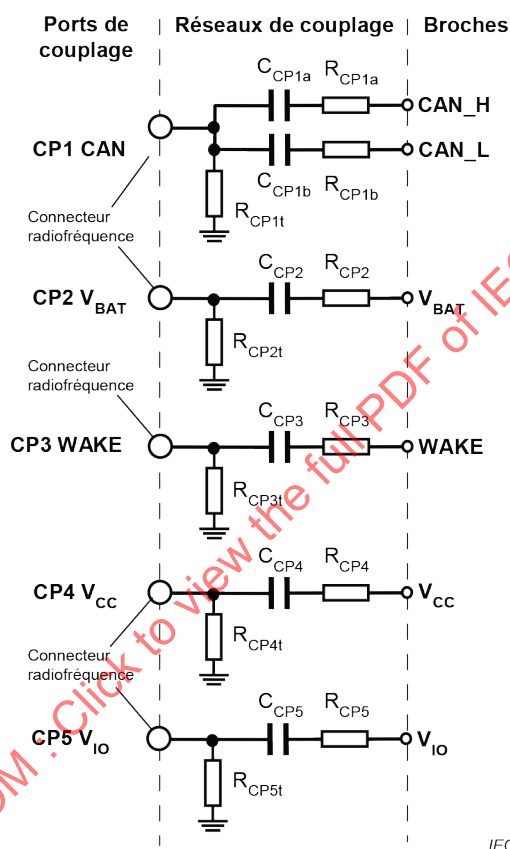


Figure 3 – Essais de réseau d'émetteur-récepteur – Ports de couplage et réseaux de couplage

Tableau 3 – Essais de réseau d'émetteur-récepteur – Définitions des valeurs des composantes des ports de couplage et des réseaux de couplage

Port	Type	Objectif	Composante		
			$R_{CP1..3}$	$C_{CP1..3}$	$R_{CP1..3t}$
CP1	EMI1	Mesure des émissions radioélectriques sur port CAN	$R_{CP1a} = 120 \Omega$ $R_{CP1b} = 120 \Omega$	$C_{CP1a} = 4,7 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 4,7 \text{ nF}$	$R_{CP1t} = 51 \Omega$
	RF1	Couplage symétrique radioélectrique pour les essais d'immunité sur port CAN	$R_{CP1a} = 120 \Omega$ $R_{CP1b} = 120 \Omega$	$C_{CP1a} = 4,7 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 4,7 \text{ nF}$	non utilisée
	RF1a	Couplage asymétrique radioélectrique pour les essais d'immunité sur port CAN (+ 20 %)	$R_{CP1a} = 132 \Omega$ $R_{CP1b} = 108 \Omega$	$C_{CP1a} = 4,7 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 4,7 \text{ nF}$	non utilisée
	RF1b	Couplage asymétrique radioélectrique pour les essais d'immunité sur port CAN (- 20 %)	$R_{CP1a} = 108 \Omega$ $R_{CP1b} = 132 \Omega$	$C_{CP1a} = 4,7 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 4,7 \text{ nF}$	non utilisée
	IMP1	Couplage d'impulsion sur port CAN	$R_{CP1a} = 0 \Omega$ $R_{CP1b} = 0 \Omega$	$C_{CP1a} = 1 \text{ nF}$ $C_{CP1b} = 1 \text{ nF}$	non utilisée
CP2	EMI2	Mesure des émissions radioélectriques sur port V_{BAT}	$R_{CP2} = 120 \Omega$	$C_{CP2} = 6,8 \text{ nF}$	$R_{CP2t} = 51 \Omega$
	RF2	Couplage radioélectrique pour les essais d'immunité sur port V_{BAT}	$R_{CP2} = 0 \Omega$	$C_{CP2} = 6,8 \text{ nF}$	non utilisée
	IMP2	Couplage d'impulsion sur port V_{BAT}	$R_{CP2} = 0 \Omega$	shuntée	non utilisée
CP3	EMI3	Mesure des émissions radioélectriques sur port WAKE	$R_{CP3} = 120 \Omega$	$C_{CP3} = 6,8 \text{ nF}$	$R_{CP3t} = 51 \Omega$
	RF3	Couplage radioélectrique pour les essais d'immunité sur port WAKE	$R_{CP3} = 0 \Omega$	$C_{CP3} = 6,8 \text{ nF}$	non utilisée
	IMP3	Couplage d'impulsion sur port WAKE	$R_{CP3} = 0 \Omega$	$C_{CP3} = 1,0 \text{ nF}$	non utilisée
CP4	EMI4	Mesure des émissions radioélectriques sur port V_{CC}	$R_{CP4} = 120 \Omega$	$C_{CP4} = 6,8 \text{ nF}$	$R_{CP4t} = 51 \Omega$
CP5	EMI5	Mesure des émissions radioélectriques sur port V_{IO}	$R_{CP5} = 120 \Omega$	$C_{CP5} = 6,8 \text{ nF}$	$R_{CP5t} = 51 \Omega$

NOTE R_{CP1a} et R_{CP1b} peuvent combiner deux résistances du même type. Elles visent à simuler une conversion de mode dans les lignes du bus.

Les configurations d'essai avec des ports de couplage et des réseaux de couplage connectés au réseau d'essai CAN sont indiquées dans le schéma général de la Figure A.1.

La caractérisation des ports de couplage et des réseaux de couplage est effectuée comme suit.

L'amplitude des pertes d'insertion (mesure de S_{21}) entre les ports PC1 à PC5 et les plages de signaux respectives de l'émetteur-récepteur sur la carte d'essai doit être mesurée et documentée dans le rapport d'essai. La connexion de plages de signaux utilisant directement une sonde coaxiale de 50Ω , et la connexion de masse doivent être aussi courtes que possible. Pour cette caractérisation, le port de couplage doit être configuré pour l'essai d'émission ou d'immunité aux perturbations radioélectriques, et les émetteurs-récepteurs CAN doivent être retirés. Tous les autres composants directement connectés au port de couplage (par exemple, le filtre de l'alimentation ou des charges) restent montés sur la carte d'essai.

5.3.4 Essais des décharges électrostatiques – Ports de couplage et réseaux de couplage

Les points de décharge sont connectés par les réseaux de couplage au circuit d'essai de l'émetteur-récepteur CAN. La représentation schématique et les définitions des ports de couplage, des réseaux et des broches sont données à la Figure 4 et dans le Tableau 4.

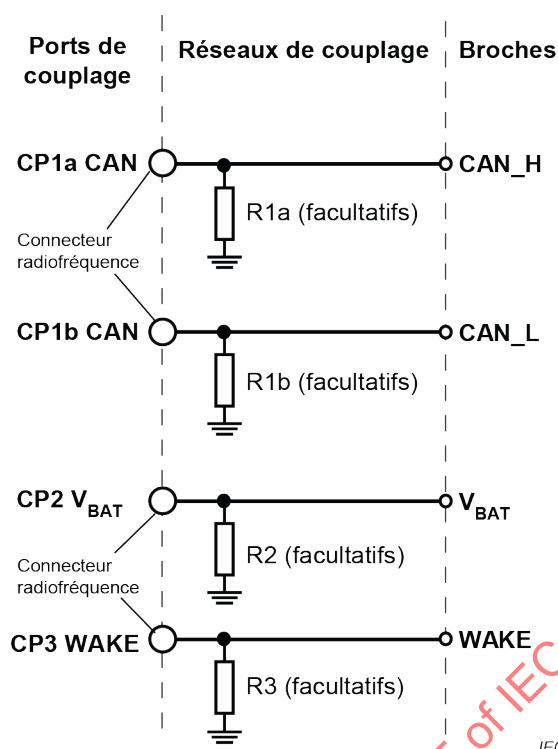


Figure 4 – Ports de couplage et réseaux de couplage pour les essais des décharges électrostatiques

Tableau 4 – Définitions des ports de couplage pour les essais des décharges électrostatiques

Port	Type	Objectif	Composante
CP1a	ESD1a	Couplage de décharge électrostatique sur port CAN_H	Elément-piste métallique pour connexion galvanique ^a
CP1b	ESD1b	Couplage de décharge électrostatique sur port CAN_L	Elément-piste métallique pour connexion galvanique ^a
CP2	ESD2	Couplage de décharge électrostatique sur port V _{BAT}	Elément-piste métallique pour connexion galvanique ^a
CP3	ESD3	Couplage de décharge électrostatique sur port WAKE	Elément-piste métallique pour connexion galvanique ^a

^a Les résistances facultatives R1a, R1b, R2 et R3, avec $R \geq 200 \text{ k}\Omega$, sont utilisées pour éviter la précharge statique du point de décharge, due au générateur de décharges électrostatiques. Aux valeurs d'essai élevées, une étincelle sur ces résistances doit être évitée. Si le problème de précharge statique est évité du fait de la structure du générateur de décharges électrostatiques, alors ces résistances ne sont pas nécessaires. Une résistance externe peut également être utilisée pour éliminer les précharges sur chaque point de décharge, avant chaque essai.

5.4 Signaux d'essai

5.4.1 Généralités

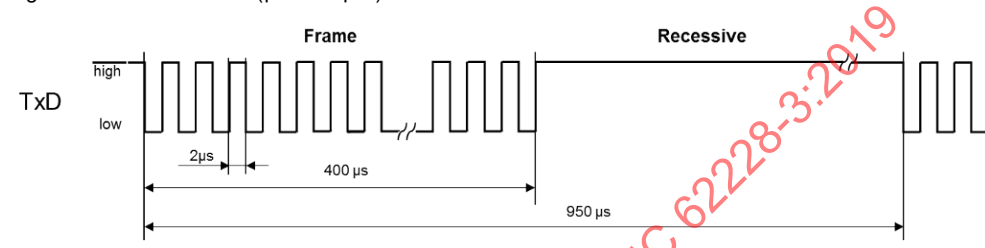
Selon le type d'émetteur-récepteur, différents signaux d'essai sont définis pour les communications des émetteurs-récepteurs CAN, en mode fonctionnel normal et en phase de réveil du mode veille ou du mode repos.

5.4.2 Signaux d'essai pour le mode fonctionnel normal

5.4.2.1 Emetteur-récepteur CAN standard

Le signal d'essai de communication TX1 doit être utilisé pour l'essai des émetteurs-récepteurs CAN standard en mode fonctionnel normal. Les paramètres de ce signal périodique sont définis dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Signal d'essai de communication TX1

Signal d'essai	TX1
Type de signal	Signal d'essai standard (périodique) 
Fréquence	250 kHz
Durée du cycle	950 µs
Longueur de la trame	400 µs
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur CAN)

Anglais	Français
high	élevé
low	faible
Frame	Trame
Recessive	Niveau récessif
µs	µs

5.4.2.2 CAN FD

Le signal d'essai de communication TX2 doit être utilisé pour les essais en mode fonctionnel normal des CI d'émetteur-récepteur CAN FD avec une capacité de taux de transfert flexible. Le signal est défini comme une trame CAN avec les paramètres donnés dans le Tableau 6 pour le CAN FD de 2 Mbit/s et dans le Tableau 7 pour le CAN FD de 5 Mbit/s. En fonction des performances d'essai, il convient qu'une section de la trame représentée à la Figure 5 soit suffisante.

Tableau 6 – Signal d'essai de communication TX2a

Signal d'essai	TX2a
Type de signal	Trame de données de 2 Mbit/s en FBFF (format de trame de base FD) conformément à l'ISO 11898-1 ^a
Horloge CAN	40 MHz (tolérance de $\pm 0,05$ % sans crénelure)
Paramètres du taux de transfert	tranche de temps: $t_{q_A} = t_{q_D} = 25$ ns taux de transfert nominal: 500 kbit/s (SP à 80 %) taux de transfert de données: 2 Mbit/s (SP à 60 %, SSP à 55 %) TDC = activé
Type de transmission	périodique ≤ 730 μ s
CAN-ID	0
Champ de données	MSB à LSB: 21 octets (55_{16}), 21 octets (00_{16}), 21 octets (FF_{16}), 1 octet (compteur augmenté de 1 par transmission)
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1$ V ou $V_{CC} \pm 0,1$ V (en fonction de l'émetteur-récepteur CAN)
Utiliser un contrôleur CAN FD en mode d'erreur actif pour générer et surveiller des trames de données CAN FD. Pour obtenir une faible crénelure, configurer la fréquence de l'oscillateur au même niveau que la fréquence d'horloge CAN. Un générateur de signaux avec une temporisation appropriée peut être utilisé pour l'essai du masque Rx afin de réduire le plus possible la crénelure du signal.	
^a Avec un DLC (code de longueur de données) de F16 (indiquant un champ de données de 64 octets).	

Tableau 7 – Signal d'essai de communication TX2b

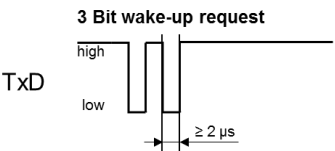
Signal d'essai	TX2b
Type de signal	Trame de données de 5 Mbit/s en FBFF (format de trame de base FD) conformément à l'ISO 11898-1 ^a
Horloge CAN	80 MHz (tolérance de $\pm 0,05$ % sans crénelure) par défaut, 40 MHz facultatif ^b
Paramètres du taux de transfert	tranche de temps: $t_{q_A} = t_{q_D} = 12,5$ ns par défaut, 25 ns facultatif ^b taux de transfert nominal: 500 kbit/s (SP à 80 %) taux de transfert de données: 5 Mbit/s (SP à 75 %, SSP à 75 %) TDC = active
Type de transmission	périodique ≤ 380 μ s
CAN-ID	0
Champ de données	MSB à LSB: 21 octets (55_{16}), 21 octets (00_{16}), 21 octets (FF_{16}), 1 octet (compteur augmenté de 1 par transmission)
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1$ V ou $V_{CC} \pm 0,1$ V (en fonction de l'émetteur-récepteur CAN)
Utiliser un contrôleur CAN FD en mode d'erreur actif pour générer et surveiller des trames de données CAN FD. Pour obtenir une faible crénelure, configurer la fréquence de l'oscillateur au même niveau que la fréquence d'horloge CAN. Un générateur de signaux avec une temporisation appropriée peut être utilisé pour l'essai du masque Rx afin de réduire le plus possible la crénelure du signal.	
^a Avec un DLC (code de longueur de données) de F16 (indiquant un champ de données de 64 octets).	
^b Une valeur de tranche de temps double t_{q_A} et t_{q_D} , engendre une faible précision.	

5.4.3 Signal d'essai pour la phase de réveil du mode basse puissance

5.4.3.1 Emetteur-récepteur CAN standard

Le signal d'essai de réveil TX3 doit être utilisé pour l'essai d'un réveil souhaité depuis un mode basse puissance pour les émetteurs-récepteurs CAN standard. Les paramètres de ce signal sont définis dans le Tableau 8. Il ne doit être envoyé qu'une seule fois, sous forme de demande de réveil.

Tableau 8 – Signal d'essai de réveil TX3

Signal d'essai	TX3
Type de signal	Signal d'essai de réveil standard seul 
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
L'ISO 11898-2 définit deux temps de filtre différents pour un réveil au bus ($t_{\text{filter_court}} = 150 \text{ ns}$ à $1,8 \mu\text{s}$, $t_{\text{filter_long}} = 500 \text{ ns}$ à $5 \mu\text{s}$). Le signal TX vise à représenter ce signal au niveau du bus. Si l'émetteur-récepteur ne prend pas en charge ce signal de demande de réveil, il convient de le régler. Le même signal avec une durée de transmission unitaire de $5 \mu\text{s}$ peut également être utilisé.	

Anglais	Français
3 Bit wake-up request	Demande de réveil sur 3 octets
high	élevé
low	faible
μs	μs

5.4.3.2 CAN PN

Les signaux d'essai TX4a à TX4h doivent être utilisés pour effectuer les essais des émetteurs-récepteurs CAN avec une fonctionnalité de mise en réseau partielle. Les paramètres des signaux d'essai sont définis du Tableau 9 au Tableau 18.

Tableau 9 – Signal d'essai de communication TX4a

Signal d'essai	TX4a
Type de signal	Trame unique CAN de 500 kbit/s
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: $3C2_{16}$ DLC: 0 octet données: non applicable
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

Tableau 10 – Signal d'essai de communication TX4b

Signal d'essai	TX4b
Type de signal	Trame unique CAN de 500 kbit/s
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: 784 ₁₆ DLC: 0 octet données: non applicable
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

Tableau 11 – Signal d'essai de communication TX4c

Signal d'essai	TX4c
Type de signal	Trame unique CAN de 500 kbit/s
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: 18E ₁₆ DLC: 0 octet données: non applicable
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

Tableau 12 – Signal d'essai de communication TX4d

Signal d'essai	TX4d
Type de signal	Trame unique CAN de 500 kbit/s
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: 43C ₁₆ DLC: 0 octet données: non applicable
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

Tableau 13 – Signal d'essai de communication TX4e

Signal d'essai	TX4e
Type de signal	Trame unique CAN de 500 kbit/s
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	251 kHz (250 kHz + 0,4 %)
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: 062 ₁₆ DLC: 0 octet données: non applicable
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

Tableau 14 – Signal d'essai de communication TX4f1

Signal d'essai	TX4f1
Type de signal	Trame unique CAN de 500 kbit/s
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	249 kHz (250 kHz – 0,4 %)
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: 07830F0F ₁₆ (identificateur étendu) DLC: 7 octets données: 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

Tableau 15 – Signal d'essai de communication TX4f2

Signal d'essai	TX4f2
Type de signal	Trame unique CAN de 500 kbit/s avec un temps de propagation de réseau de CEM
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	249 kHz (250 kHz – 0,4 %)
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: 07830F0F ₁₆ (identificateur étendu) chaque passage du niveau dominant au niveau récessif au sein du champ de l'identificateur est temporisé de 1 250 ns DLC: 7 octets données: 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆ , 87 ₁₆
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

Tableau 16 – Signal d'essai de communication TX4g

Signal d'essai	TX4g
Type de signal	Trame unique CAN de 500 kbit/s
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	250 kHz
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: $4C7_{16}$ DLC: 3 octets données: $C7_{16}$, $8E_{16}$, 68_{16}
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

Tableau 17 – Signal d'essai de communication TX4h

Signal d'essai	TX4h
Type de signal	Trame CAN de 500 kbit/s (périodique)
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	250 kHz
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: $4C7_{16}$ DLC: 3 octets données: $C7_{16}$, $8E_{16}$, 68_{16}
Durée du cycle	1 ms
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

Tableau 18 – Signal d'essai de communication TX4i

Signal d'essai	TX4i
Type de signal	Trame unique CAN de 500 kbit/s
Protocole	ISO 11898-1
Fréquence d'horloge	250 kHz
Paramètre de l'ID CAN	Valeur de l'ID CAN: $4C8_{16}$ DLC: 3 octets données: $C7_{16}$, $8E_{16}$, 68_{16}
Amplitude	$V_{IO} \pm 0,1 \text{ V}$ ou $V_{CC} \pm 0,1 \text{ V}$ (en fonction de l'émetteur-récepteur)
NOTE Le signal d'essai est généré par un générateur de trame.	

5.5 Critères d'évaluation

5.5.1 Généralités

Différents critères d'évaluation sont définis pour l'évaluation des performances d'immunité des émetteurs-récepteurs CAN pendant et après l'exposition aux perturbations.

Les émetteurs-récepteurs CAN avec accès aux signaux RxD et TxD doivent être soumis à essai en suivant les préconisations pour les émetteurs-récepteurs CAN standard, même s'ils disposent de fonctionnalités supplémentaires (par exemple, la puce système principale). Dans le cadre de l'essai, certaines autres fonctions de ces CI peuvent, si nécessaire, être utilisées à des fins de surveillance.

L'état fonctionnel obtenu pour l'émetteur-récepteur CAN doit être défini conformément à l'IEC 62132-1 dans la classe A_{IC}, C_{IC} ou D_{IC} dont les définitions sont données en 5.5.4.

5.5.2 Critères d'évaluation pour les modes fonctionnels

5.5.2.1 Généralités

Les critères d'évaluation pour les modes fonctionnels des émetteurs-récepteurs CAN sont définis du Tableau 19 au Tableau 22.

Les valeurs limites spécifiées doivent être utilisées pour la surveillance des défaillances. La validation de défaillance s'applique à tous les émetteurs-récepteurs du réseau d'essai, si elle n'a pas été spécifiquement définie. Dès lors qu'un émetteur-récepteur en essai dépasse les valeurs limites spécifiques, un événement d'erreur est consigné pour l'essai concerné. Les valeurs de référence des signaux surveillés dépendent de l'émetteur-récepteur en essai et doivent être mesurées dans des conditions exemptes de perturbations, avant l'essai pour les essais normalisés CAN et les essais de mise en réseau partielle CAN. Ces signaux de référence, combinés aux valeurs limites, permettent de générer les masques de validation de défaillance. Des écarts par rapport aux valeurs limites définies peuvent être tolérés sur la base d'un accord mutuel et doivent être consignés dans le rapport d'essai.

5.5.2.2 Fonctionnalités standard de l'émetteur-récepteur CAN

Les fonctions standard de l'émetteur-récepteur CAN sont évaluées conformément au Tableau 19.

Tableau 19 – Critères d'évaluation pour les fonctions standard de l'émetteur-récepteur CAN

Mode de l'émetteur-récepteur	Objectif	Signal d'essai	Condition de surveillance		Variation maximale en tension/temps		
			Déclencheur ^c	Fenêtre d'observation	RxD	ERR	INH
Normal	communication et diaphonie	TX1	premier front descendant du signal TX1	$-11 \mu\text{s}$ à $+9 \mu\text{s}$	$\pm 0,25 \times V_{IO} / \pm 0,2 \mu\text{s}$	$\pm 0,25 \times V_{IO} / -_a$	$-5,0 \text{ V} / -_a$
Repos	diaphonie	aucun	déclenchement automatique	$20 \mu\text{s}$	–	–	$-5,0 \text{ V} / -_a$
	réveil indésirable	aucun	déclenchement automatique	$20 \mu\text{s}$	$\pm 0,25 \times V_{IO} / -_a$	–	–
	réveil souhaité ^b	TX3	premier front ascendant du signal TX3	$0 \mu\text{s}$ à $+500 \mu\text{s}$	$\pm 0,25 \times V_{IO} / -_d$	–	–
Veille	réveil indésirable	aucun	déclenchement automatique	$20 \mu\text{s}$	–	–	$+3,0 \text{ V} / -_a$
	réveil souhaité ^b	TX3	premier front ascendant du signal TX3	$0 \mu\text{s}$ à $+500 \mu\text{s}$	–	–	$\pm 3,0 \text{ V} / -_d$

Des valeurs limites différentes peuvent être tolérées sur la base d'un accord mutuel, pour des cas bien spécifiques, et doivent être consignées dans le rapport d'essai.

^a Signal fixe, ne variant pas dans la durée.

^b L'un des émetteurs-récepteurs (DUT) du réseau d'essai est placé en mode basse puissance. Le deuxième émetteur-récepteur est en mode fonctionnel normal et envoie le signal d'essai TX3, afin qu'il soit détecté par le DUT comme signal de réveil. Seul le DUT est surveillé; il doit entrer en phase de réveil après le dernier passage du niveau dominant au niveau récessif, sur le signal d'essai TX3.

^c Le niveau de déclenchement correspond à 50 % de V_{IO} .

^d Le DUT (nœud 2) doit se réveiller pas plus tôt que $0,15 \mu\text{s}$ après le deuxième front descendant du signal TX3 et pas plus tard que $200 \mu\text{s}$ après la fin du signal TX3. Si l'émetteur-récepteur ne prend pas en charge cette durée de réveil courte, la fenêtre d'observation doit être étendue conformément à la fiche technique.

5.5.2.3 Emetteur-récepteur CAN avec une fonctionnalité de mise en réseau partielle

Les émetteurs-récepteurs CAN avec une fonctionnalité de mise en réseau partielle sont évalués conformément au Tableau 20.

Tableau 20 – Critères d'évaluation pour les émetteurs-récepteurs CAN avec une fonctionnalité de mise en réseau partielle

Mode de l'émetteur-récepteur	Objectif	Signal d'essai	Condition de surveillance		Variation maximale en tension/temps	
			Déclencheur	Fenêtre d'observation	RxD	INH
basse puissance – repos PN	réveil indésirable ^b	TX4h	déclenchement automatique	5 ms	$\pm 0,25 \times V_{IO} /$ – ^a	–
basse puissance – veille PN	fonction de temporisation t silence ^b	TX4i, TX4g	dernier front descendant du signal Tx4g	–2 ms à +3 ms	–	+3,0 V / – ^a
	réveil souhaité ^b	TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f1	dernier front ascendant du signal TX4f1	–0,8 ms à +1,2 ms	–	$\pm 3,0 \text{ V} /$ – ^b
	réveil souhaité ^{b, c}	TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f2	dernier front ascendant du signal TX4f2	–0,8 ms à +1,2 ms	–	$\pm 3,0 \text{ V} /$ – ^b
Des valeurs limites différentes peuvent être tolérées sur la base d'un accord mutuel, pour des cas bien spécifiques, et doivent être consignées dans le rapport d'essai.						
^a Signal fixe, ne variant pas dans la durée.						
^b L'un des émetteurs-récepteurs (DUT) du réseau d'essai est placé en mode basse puissance. Le deuxième émetteur-récepteur est en mode normal et envoie les signaux d'essai. Seul le DUT est surveillé et doit se comporter comme spécifié dans le Tableau 21.						
^c Réveil souhaité avec un temps de propagation de réseau de CEM.						

Pour l'essai d'immunité des émetteurs-récepteurs CAN avec une fonctionnalité de mise en réseau partielle, un mode opératoire d'essai spécifique est défini conformément au Tableau 21.

Tableau 21 – Définition spécifique pour le mode opératoire d'essai prévu pour l'évaluation de la fonction de mise en réseau partielle de l'émetteur-récepteur CAN

Mode de l'émetteur-récepteur/objectif	Intention de l'essai	Mode opératoire d'essai
Basse puissance – repos PN / réveil indésirable	Le DUT ne doit pas être réveillé par une fonction de réveil sélectif active et les perturbations appliquées.	- configurer le DUT (nœud 2) avec une WUF: ID CAN = quelconque; DLC = 3; champ de données: 38₁₆, 71₁₆, 97₁₆ Remarque: Champ de données inversé du signal d'essai TX4h - définir le DUT en mode repos PN - appliquer les perturbations - le nœud 1 transmet le signal d'essai TX4h avec un temps d'attente de 1 ms entre les trames d'essai - évaluation: le DUT (nœud 2) ne doit pas être réveillé
Basse puissance – veille PN / fonction de temporisation t _{SILENCE}	Le DUT synchronisé ne doit pas être réveillé par une seule WUF, après être passé en mode veille PN avec l'expiration de t _{SILENCE} . C'est une indication que le DUT passe en mode veille PN même lorsque des perturbations sont appliquées.	- configurer le DUT (nœud 2) avec la WUF ayant un paramètre du signal d'essai TX4g - définir le DUT en mode veille PN - appliquer les perturbations - le nœud 1 transmet cinq fois (5x) le signal d'essai TX4i avec un temps d'attente de 150 µs entre les trames d'essai pour la synchronisation - attendre jusqu'à l'expiration de la valeur maximale de t_{SILENCE} = 1,2 s - le nœud 1 transmet une fois (1x) le signal d'essai TX4g - évaluation: le DUT (nœud 2) ne doit pas être réveillé
Basse puissance – veille PN / réveil souhaité	Le DUT doit être réveillé par une fonction de réveil sélectif active et les perturbations appliquées, si la WUF configurée est transmise.	- configurer le DUT (nœud 2) avec la WUF ayant un paramètre du signal d'essai TX4f1 - définir le DUT en mode veille PN - appliquer les perturbations - le nœud 1 transmet les signaux d'essai TX4a, TX4b, TX4c, TX4d et TX4e avec un temps d'attente de 200 µs entre les trames d'essai pour la synchronisation - aucune communication pendant 500 ms (inférieur à la valeur minimale de t_{SILENCE} = 600 ms) - le nœud 1 transmet une fois (1x) le signal d'essai TX4f1 ou TX4f2 de la WUF (en fonction de l'essai) - évaluation: Il n'est pas permis au DUT (nœud 2) d'être réveillé avant la fin du délimiteur CRC de la WUF et il doit être réveillé au plus tard 200 µs après le délimiteur CRC de la WUF

5.5.2.4 Emetteur-récepteur CAN avec une capacité de taux de transfert flexible

Les émetteurs-récepteurs CAN avec une capacité de taux de transfert flexible sont évalués conformément au Tableau 22.

Tableau 22 – Critères d'évaluation pour les émetteurs-récepteurs CAN avec une capacité de taux de transfert flexible

Mode de l'émetteur-récepteur	Objectif	Signal d'essai	Condition de surveillance		Variation maximale en tension/temps	Vérification de communication du réseau CAN
			Déclencheur ^b	Fenêtre d'observation	RxD ^c	
Normal FD 2 Mbit/s	émetteur de bouclage	TX2a	TP1: premier front descendant, au début de la trame du signal RxD	-1 µs à +4 µs	émetteur RxD voir la Figure 5 et le Tableau 23	indication d'erreur ^a
	récepteur de communication	TX2a	TP2: front descendant de l'octet 19 des données du signal RxD, 210 µs après le début de la trame		récepteur RxD voir la Figure 5 et le Tableau 23	indication d'erreur ^a
Normal FD 5 Mbit/s	émetteur de bouclage	TX2b	TP1: premier front descendant, au début de la trame du signal RxD	-0,4 µs à +1,6 µs	émetteur RxD voir la Figure 5 et le Tableau 23	indication d'erreur ^a
	récepteur de communication	TX2b	TP2: front descendant de l'octet 19 des données du signal RxD, 106 µs après le début de la trame		récepteur RxD voir la Figure 5 et le Tableau 23	indication d'erreur ^a

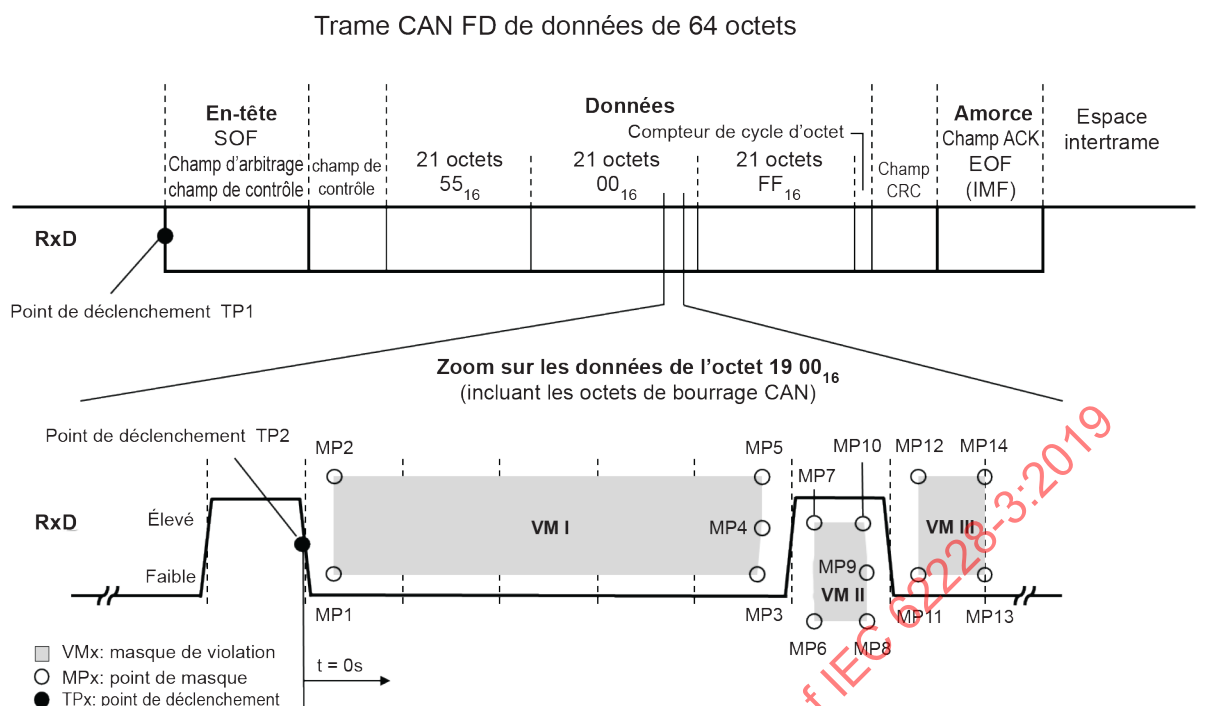
Des valeurs limites différentes peuvent être tolérées sur la base d'un accord mutuel, pour des cas bien spécifiques, et doivent être consignées dans le rapport d'essai.

^a Evaluation du compteur d'erreur CAN TX (TEC > 0) et du compteur d'erreur RX (REC > 0) indiquée par le contrôleur de communication CAN des deux nœuds au sein du réseau d'essai. Il convient également de vérifier une perte de messages (aucun message reçu dans le cycle défini).

^b Le niveau de déclenchement correspond à 50 % de V_{IO} .

^c Il convient de réduire la largeur de bande analogique utilisée pour surveiller le signal RxD, au moyen du filtre RC ou bien d'un oscilloscope à mémoire numérique (DSO) avec une limitation de la largeur de bande de 200 MHz à 250 MHz environ.

Des définitions supplémentaires pour les points de déclenchement et les masques de violation de dysfonctionnement sont données à la Figure 5 et dans le Tableau 23.



IEC

Figure 5 – Définition des points de déclenchement et des masques de violation pour les émetteurs-récepteurs CAN avec une capacité de taux de transfert flexible

Tableau 23 – Définition des masques de violation pour les émetteurs-récepteurs CAN avec une capacité de taux de transfert flexible

Point de masque de violation	Tension/temps				Commentaire pour la définition du temps
	FD 2 Mbit/s Emetteur de bouclage	FD 2 Mbit/s Récepteur de communication	FD 5 Mbit/s Emetteur de bouclage	FD 5 Mbit/s Récepteur de communication	
MP1	$0,25 \times V_{IO} / 0,100 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 0,100 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 0,040 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 0,040 \mu s$	réglage absolu
MP2	$1,25 \times V_{IO} / 0,100 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 0,100 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 0,040 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 0,040 \mu s$	réglage absolu
MP3	$0,25 \times V_{IO} / 2,439 \mu s + CV1$	$0,25 \times V_{IO} / 2,419 \mu s + CV2$	$0,25 \times V_{IO} / 0,970 \mu s + CV1$	$0,25 \times V_{IO} / 0,965 \mu s + CV2$	$5 \times t_{Bit_nom}$ + valeur ISO 1 ^a – tolérance d'horloge CAN ^b + valeur de correction CVx ^c – pente RxD ^e
MP4	$0,70 \times V_{IO} / 2,448 \mu s + CV1$	$0,70 \times V_{IO} / 2,428 \mu s + CV2$	$0,70 \times V_{IO} / 0,979 \mu s + CV1$	$0,70 \times V_{IO} / 0,974 \mu s + CV2$	$5 \times t_{Bit_nom}$ + valeur ISO 1 ^a – tolérance d'horloge CAN ^b + valeur de correction CVx ^c
MP5	$1,25 \times V_{IO} / 2,448 \mu s + CV1$	$1,25 \times V_{IO} / 2,428 \mu s + CV2$	$1,25 \times V_{IO} / 0,979 \mu s + CV1$	$1,25 \times V_{IO} / 0,974 \mu s + CV2$	
MP6	$-0,5 V / 2,602 \mu s + CV1$	$-0,5 V / 2,632 \mu s + CV2$	$-0,5 V / 1,081 \mu s + CV1$	$-0,5 V / 1,091 \mu s + CV2$	$5 \times t_{Bit_nom}$ + valeur ISO 2 ^a + tolérance d'horloge CAN ^b + valeur de correction CVx ^c
MP7	$0,75 \times V_{IO} / 2,602 \mu s + CV1$	$0,75 \times V_{IO} / 2,632 \mu s + CV2$	$0,75 \times V_{IO} / 1,081 \mu s + CV1$	$0,75 \times V_{IO} / 1,091 \mu s + CV2$	
MP8	$-0,5 V / 2,947 \mu s$	$-0,5 V / 2,927 \mu s$	$-0,5 V / 1,179 \mu s$	$-0,5 V / 1,174 \mu s$	$6 \times t_{Bit_nom}$ + valeur ISO 1 ^a – tolérance d'horloge CAN ^d
MP9	$0,30 \times V_{IO} / 2,947 \mu s$	$0,30 \times V_{IO} / 2,927 \mu s$	$0,30 \times V_{IO} / 1,179 \mu s$	$0,30 \times V_{IO} / 1,174 \mu s$	
MP10	$0,75 \times V_{IO} / 2,938 \mu s$	$0,75 \times V_{IO} / 2,918 \mu s$	$0,75 \times V_{IO} / 1,170 \mu s$	$0,75 \times V_{IO} / 1,165 \mu s$	$6 \times t_{Bit_nom}$ + valeur ISO 1 ^a – tolérance d'horloge CAN ^d – pente RxD ^e
MP11	$0,25 \times V_{IO} / 3,103 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 3,133 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 1,281 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 1,291 \mu s$	$6 \times t_{Bit_nom}$ + valeur ISO 2 ^a + tolérance d'horloge CAN ^d
MP12	$1,25 \times V_{IO} / 3,103 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 3,133 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 1,281 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 1,291 \mu s$	
MP13	$0,25 \times V_{IO} / 3,600 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 3,600 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 1,500 \mu s$	$0,25 \times V_{IO} / 1,500 \mu s$	réglage absolu
MP14	$1,25 \times V_{IO} / 3,600 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 3,600 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 1,500 \mu s$	$1,25 \times V_{IO} / 1,500 \mu s$	réglage absolu

L'ISO 11898-2:2016 est la référence pour les valeurs définies. Des valeurs limites différentes peuvent être tolérées sur la base d'un accord mutuel, pour des cas bien spécifiques, et doivent être consignées dans le rapport d'essai.

$t_{\text{Bit_nom}}$ durée de transmission nominale CAN FD
 = 500 ns pour le CAN FD de 2 Mbit/s
 = 200 ns pour le CAN FD de 5 Mbit/s

a Valeur ISO 1: valeur ISO de l'émetteur-récepteur FD de 2 Mbit/s – émetteur de bouclage = –50 ns
 valeur ISO de l'émetteur-récepteur FD de 2 Mbit/s – récepteur de communication = –70 ns
 Valeur ISO 2: valeur ISO de l'émetteur-récepteur FD de 2 Mbit/s – émetteur de bouclage = +100 ns
 valeur ISO de l'émetteur-récepteur FD de 2 Mbit/s – récepteur de communication = +130 ns

Valeur ISO 1: valeur ISO de l'émetteur-récepteur FD de 5 Mbit/s – émetteur de bouclage = –20 ns
 valeur ISO de l'émetteur-récepteur FD de 5 Mbit/s – récepteur de communication = –25 ns

Valeur ISO 2: valeur ISO de l'émetteur-récepteur FD de 5 Mbit/s – émetteur de bouclage = +80 ns
 valeur ISO de l'émetteur-récepteur FD de 5 Mbit/s – récepteur de communication = +90 ns

b Tolérance d'horloge CAN: $5 \times 0,1 \% t_{\text{Bit_nom}}$

c Il convient de calculer les valeurs de correction CV1 et CV2 comme suit:

$CV1 = t_{\text{Bit1}} - t_{\text{Bit2}}$ au niveau de l'émetteur

$CV2 = t_{\text{Bit1}} - t_{\text{Bit2}}$ au niveau du récepteur

avec: t_{Bit1} : durée de transmission unitaire pour un octet récessif avec un réseau de couplage déconnecté CP1,

t_{Bit2} : durée de transmission unitaire pour un octet récessif avec un réseau de couplage connecté

La valeur de correction peut différer entre les essais sans filtre de bus en CAN et avec une CMC de 100 μH et il convient de la définir séparément pour chaque essai correspondant.

d Tolérance d'horloge CAN: $6 \times 0,1 \% t_{\text{Bit_nom}}$

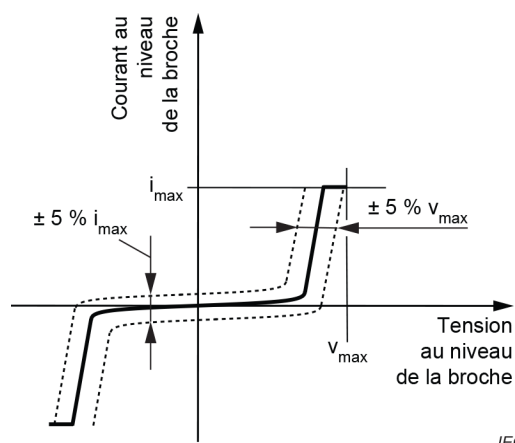
e Pente RxD: 9 ns

5.5.3 Critères d'évaluation en mode passif, après exposition aux perturbations

La caractéristique d'entrée (rapport courant/tension) d'une broche soumise à un essai par rapport à la masse comprenant les composants obligatoires doit être mesurée en utilisant, par exemple, un analyseur de paramètres de semiconducteurs. Si des mesures avec des composants obligatoires ne sont pas applicables, elles doivent être retirées. Il convient que la plage de tensions d'essai englobe ou dépasse la valeur maximale spécifiée de la broche en essai, par exemple jusqu'à la valeur de claquage, de reconduction ou d'écrêtage.

NOTE Les tensions d'essai généralement utilisées sont comprises entre $\pm 50 \text{ V}$ et $\pm 70 \text{ V}$, avec des courants d'essai limités dans la plage comprise entre $\pm 0,5 \text{ mA}$ et $\pm 5 \text{ mA}$ afin d'éviter tout dommage sur le CI lors de la mesure de la courbe de la caractéristique.

Toute modification significative de la caractéristique I-V (par exemple une hausse de plus de $\pm 5 \%$ de la tension ou du courant d'essai maximal appliqué) entre la mesure avant et la mesure après l'essai d'immunité est considérée comme une défaillance. La Figure 6 présente l'écart maximal sur la caractéristique IV.



IEC

Figure 6 – Ecart maximal sur la caractéristique IV

En alternative, à la caractéristique I-V mesurée décrite ci-dessus, les paramètres donnés dans la fiche technique du DUT peuvent être utilisés pour vérifier les dommages subis par le CI.

5.5.4 Classes d'état

Les classes d'état fonctionnel des émetteurs-récepteurs CAN, basées sur les critères d'évaluation, sont définies dans le Tableau 24.

Tableau 24 – Définition des classes d'état fonctionnel

Classe d'état	Exigence
A _{IC}	– Aucune erreur survenue lors de l'exposition aux perturbations, critères d'évaluation donnés en 5.5.2. – Aucun dommage détecté après exposition aux perturbations, critères d'évaluation donnés en 5.5.3, pouvant être contrôlés à l'issue de l'ensemble des essais fonctionnels.
C _{IC}	– Erreur survenue lors de l'exposition aux perturbations, critères d'évaluation donnés en 5.5.2. – Aucune erreur survenue après exposition aux perturbations, critères d'évaluation donnés en 5.5.2, le DUT retrouve automatiquement un fonctionnement correct. – Aucun dommage détecté après exposition aux perturbations, critères d'évaluation donnés en 5.5.3.
D _{IC}	– Erreur survenue lors de l'exposition aux perturbations, critères d'évaluation donnés en 5.5.2. – Aucune erreur survenue après exposition aux perturbations, critères d'évaluation donnés en 5.5.2, mais le DUT ne retrouve pas un fonctionnement correct automatiquement après l'arrêt des perturbations, mais par une action simple (par exemple, une mise hors puis sous tension (D2_{IC}), une réinitialisation par interface de programmation système (D1_{IC})) de la part de l'opérateur. – Aucun dommage détecté après exposition aux perturbations, critères d'évaluation donnés en 5.5.3.

6 Essai et mesure

6.1 Emission de perturbations radioélectriques

6.1.1 Méthode d'essai

La mesure des émissions radioélectriques doit être effectuée par la méthode de couplage direct 150 Ω, conformément à l'IEC 61967-4.

6.1.2 Disposition d'essai

La mesure des émissions radioélectriques de l'émetteur-récepteur doit être effectuée en appliquant la configuration donnée dans la Figure 7 avec le réseau de couplage tel que défini dans le Tableau 3.

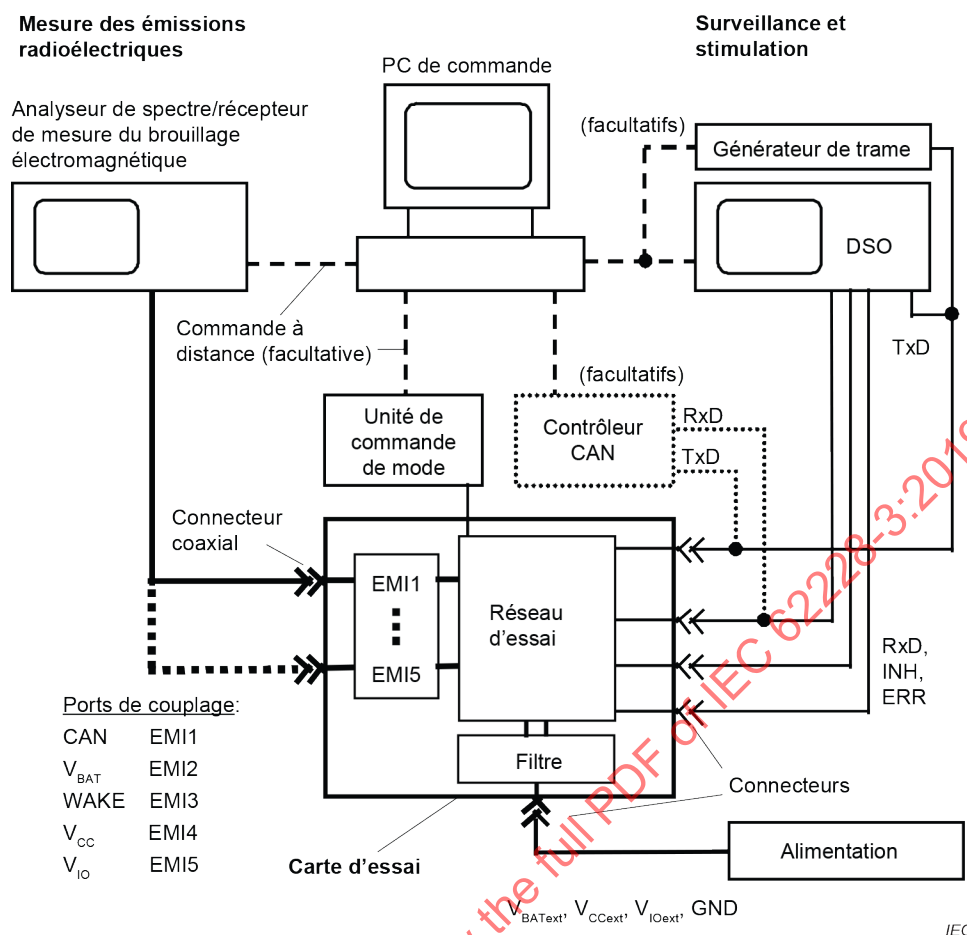


Figure 7 – Disposition d'essai pour la mesure des perturbations radioélectriques

Les équipements d'essai exigés sont les suivants:

- analyseur de spectre/récepteur de mesure du brouillage électromagnétique;
- carte d'essai;
- générateur de trame (facultatif, nécessaire uniquement pour les essais normalisés CAN et les essais de mise en réseau partielle CAN);
- alimentation;
- unité de commande de mode (si possible commandée à distance via le PC);
- PC de commande (facultatif);
- oscilloscope à mémoire numérique (DSO);
- contrôleur CAN (facultatif, nécessaire uniquement pour les essais de mise en réseau partielle CAN).

6.1.3 Mode opératoire d'essai et paramètres

Les paramètres des équipements de mesure des émissions radioélectriques sont donnés dans le Tableau 25.

Tableau 25 – Paramètres des équipements de mesure des émissions radioélectriques

Équipement de mesure des émissions radioélectriques	Analyseur de spectre	Récepteur de mesure du brouillage électromagnétique
Détection	Valeur de crête	
Plage de fréquences	0,15 MHz à 1 000 MHz	
Largeur de bande de résolution (RBW)		
150 kHz à 30 MHz:	10 kHz	9 kHz
30 MHz à 1 000 MHz:	100 kHz	120 kHz
Largeur du filtre vidéo (VBW)	≥ 3 fois la largeur spectrale de résolution	–
Nombre de balayages	10 (conservation de la valeur maximale)	–
Temps de maintien par pas de mesure	–	≥ 1 ms
Temps de balayage	≥ 20 s	–
Largeur du pas de fréquence		
150 kHz à 30 MHz:	–	≤ 5 kHz
30 MHz à 1 000 MHz:	–	≤ 50 kHz
NOTE Les récepteurs de mesure du brouillage électromagnétique basés sur une FFT peuvent également être utilisés s'ils sont conformes aux définitions de la norme CISPR 16-1-1.		

Les mesures des émissions radioélectriques doivent être effectuées conformément au Tableau 26.

Tableau 26 – Mesures des émissions radioélectriques

Fonctionnalité de l'émetteur-récepteur	Mode de l'émetteur-récepteur	Port de couplage	Broche	Signal d'essai	Filtre de bus CAN ^b
CAN Standard	Normal	EMI 1	CAN	TX1	aucun
					avec
		EMI 2	V _{BAT}		aucun
		EMI 3	WAKE		aucun
CAN FD	Normal	EMI 1	CAN	TX2a, TX2b	aucun
					avec
		EMI4	V _{CC}		aucun
		EMI5	V _{IO}		aucun
CAN PN ^a	Basse puissance – repos PN	EMI 1	CAN	TX4h	aucun
					avec

^a L'un des émetteurs-récepteurs (DUT) du réseau d'essai est placé en mode basse puissance repos PN. Le deuxième émetteur-récepteur est en mode normal et envoie les signaux d'essai.

^b Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun $L_{CM} = 100 \mu\text{H}$. En alternative, d'autres valeurs, par exemple $L_{CM} = 51 \mu\text{H}$, ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple $C = 100 \text{ pF}$, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.

6.2 Immunité aux perturbations radioélectriques

6.2.1 Méthode d'essai

L'essai d'immunité aux perturbations radioélectriques doit être effectué en appliquant la méthode d'injection directe de puissance RF (DPI), conformément à l'IEC 62132-4.

6.2.2 Disposition d'essai

Les essais d'immunité aux perturbations radioélectriques de l'émetteur-récepteur doivent être effectués en appliquant la configuration donnée dans la Figure 8 avec le réseau de couplage tel que défini dans le Tableau 3.

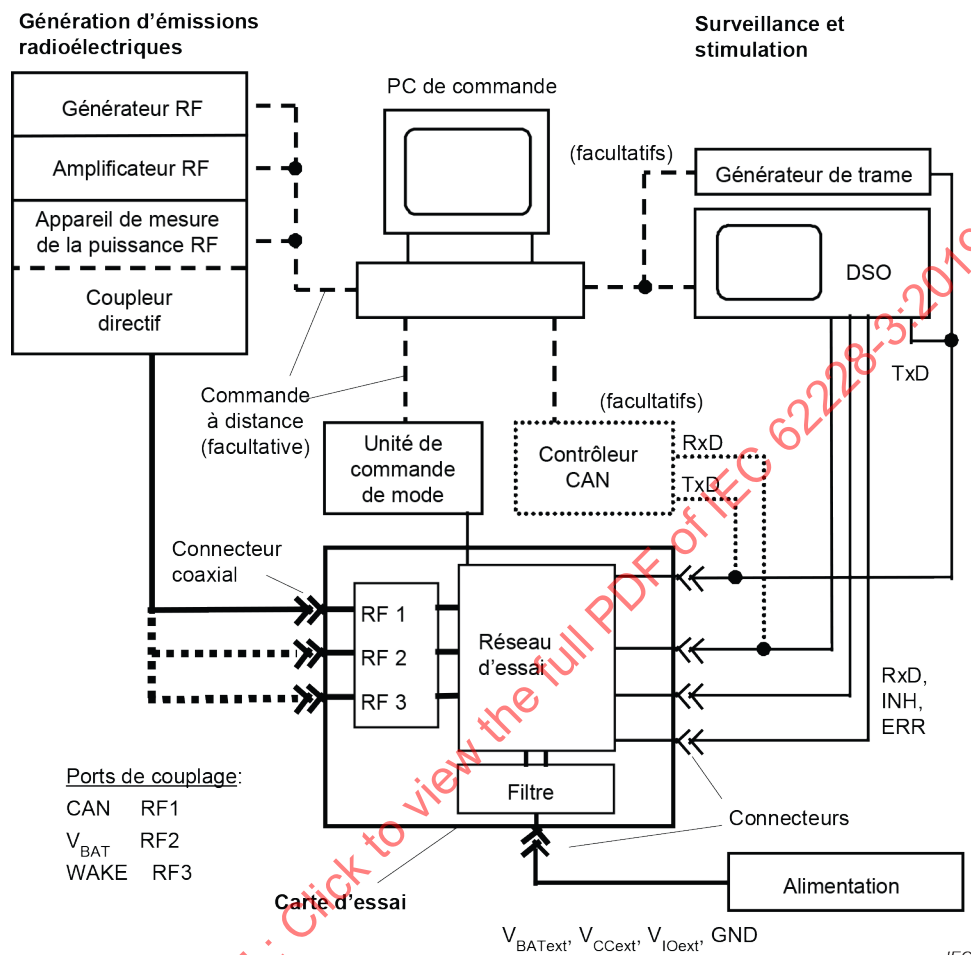


Figure 8 – Disposition d'essai pour les essais DPI

Les équipements d'essai exigés sont les suivants:

- générateur RF ($f = 1 \text{ MHz}$ à $1\,000 \text{ MHz}$);
- amplificateur RF ($P \geq 10 \text{ W}$);
- appareil de mesure de puissance avec coupleur directif ($f = 1 \text{ MHz}$ à $1\,000 \text{ MHz}$);
- carte d'essai;
- générateur de trame (facultatif, nécessaire uniquement pour les essais normalisés CAN et les essais de mise en réseau partielle CAN);
- alimentation;
- unité de commande de mode (si possible commandée à distance via le PC);
- PC de commande (facultatif);
- oscilloscope à mémoire numérique (DSO);
- contrôleur CAN (facultatif, nécessaire uniquement pour les essais de mise en réseau partielle CAN).

6.2.3 Mode opératoire d'essai et paramètres

Pour déterminer l'immunité aux perturbations radioélectriques des émetteurs-récepteurs CAN, des essais avec les paramètres donnés dans le Tableau 27 doivent être effectués.

Tableau 27 – Spécifications pour les essais DPI

Elément	Paramètre	
Fréquence	Plage	Pas
	1 MHz à 10 MHz	0,25 MHz
	10 MHz à 100 MHz	1 MHz
	100 MHz à 200 MHz	2 MHz
	200 MHz à 400 MHz	4 MHz
	400 MHz à 1 000 MHz	10 MHz
Puissance directe minimale	10 dBm (10 mW)	
Puissance directe maximale	39 dBm (8 W)	
Incrément de puissance	0,5 dB	
Temps de palier	1 s	
Modulation	Onde entretenue (CW, Continuous Wave), modulation d'amplitude (MA) 80 % 1 kHz ($\hat{P}_{AM} = \hat{P}_{CW}$)	
Mode opératoire d'essai pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A _{IC}	Recherche de dysfonctionnement sur l'ensemble du temps de maintien, tandis que la puissance est augmentée par incrément. Un mode opératoire optimisé de commande peut être utilisé pour réduire la durée de l'essai mais en assurant l'absence d'artefacts dans les entrées RF au cours des étapes de fréquence et de puissance. EXEMPLE: Mode opératoire pour chaque pas de fréquence: – commencer avec la puissance directe maximale, au niveau ayant provoqué un dysfonctionnement au pas de fréquence précédent, – dans le cas d'un dysfonctionnement à ce niveau de puissance, réduire la puissance de 6 dB et répéter l'essai, – augmenter la puissance par incréments jusqu'à ce qu'un dysfonctionnement se produise, ou que la puissance directe maximale soit atteinte, – le niveau d'immunité à cette fréquence correspond à la puissance directe maximale n'entraînant aucun dysfonctionnement.	
Mode opératoire d'essai pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC}	Appliquer la puissance d'essai à chaque pas de fréquence et apprécier l'état fonctionnel après chaque essai.	

Les essais pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A_{IC} doivent être effectués pour la fonction standard de l'émetteur-récepteur CAN conformément au Tableau 28, pour la fonction de mise en réseau partielle de l'émetteur-récepteur CAN conformément au Tableau 29 et pour la fonction CAN FD de l'émetteur-récepteur CAN conformément au Tableau 30.

Pour chaque essai, une courbe des seuils d'immunité, prenant comme paramètre la puissance directe, doit être déterminée et documentée dans un diagramme joint au rapport d'essai.

Tableau 28 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A_{IC} de la fonction standard de l'émetteur-récepteur CAN

Type d'émetteur-récepteur	Mode de l'émetteur-récepteur / objectif	Port de couplage	Broche	Signal d'essai	Modulation RF ^e	Filtre de bus CAN ^d	Validation de défaillance sur brochage		
							RxD	ERR ^b	INH ^b
CAN standard	Normal	RF1	CAN	TX1	CW, MA	aucun	X	X	X
		RF1			MA	avec	X	X	X
		RF1a, RF1b					X		
		RF2	V _{BAT}		CW, MA	aucun	X	X	X
		RF3	WAKE		CW, MA	aucun	X		
	Basse puissance – repos / diaphonie	RF1	CAN	–	CW, MA	aucun			X
					MA	avec			X
		RF2	V _{BAT}		CW, MA	aucun			X
	Basse puissance – repos ou veille ^c / réveil indésirable	RF1	CAN	–	CW, MA	aucun	X ^a		X ^a
		RF1			MA	avec	X ^a		X ^a
		RF1a, RF1b					X ^a		X ^a
		RF2	V _{BAT}		CW, MA	aucun	X ^a		X ^a
		RF3	WAKE		CW, MA	aucun	X ^a		X ^a
	Basse puissance – repos ou veille ^c / réveil souhaité	RF1	CAN	TX3	CW, MA	aucun	X ^a		X ^a
		RF1			MA	avec	X ^a		X ^a
		RF1a, RF1b					X ^a		X ^a

X Un essai doit être effectué.

^a L'évaluation dépend des fonctionnalités de l'émetteur-récepteur CAN au niveau de la broche RxD ou de la broche INH.

^b Le signal INH ou une autre fonction peut être utilisé, par exemple pour les puces système principales.

^c L'essai doit être effectué en mode repos ou en mode veille selon la fonction du DUT. Si les deux modes sont disponibles, le mode veille doit être choisi.

^d Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun $L_{CM} = 100 \mu H$. En alternative, d'autres valeurs, par exemple $L_{CM} = 51 \mu H$ ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple $C = 100 pF$, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.

^e Pour un essai supplémentaire avec un filtre, il est suffisant de déterminer les performances avec la modulation MA. Cela réduit également la consommation d'énergie moyenne du réseau de couplage.

Tableau 29 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A_{IC} de la fonction de mise en réseau partielle de l'émetteur-récepteur CAN

Type d'émetteur-récepteur	Mode de l'émetteur-récepteur / objectif						Validation de défaillance	
		Port de couplage	Broche	Signal d'essai	Modulation RF ^e	Filtre de bus CAN ^c	Broche RxD	Broche INH
CAN PN	Basse puissance – repos PN / réveil indésirable ^a	RF1	CAN	TX4h	CW, MA	aucun	X	
		RF1					X	
		RF1a, RF1b			MA	avec	X	
	Basse puissance – veille PN / fonction de temporisation t silence ^a	RF1	CAN	TX4i, TX4g	CW, MA	aucun		X
		RF1			MA	avec		X
	Basse puissance – veille PN / réveil souhaité ^a	RF1	CAN	TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f1	CW, MA	aucun		X
		RF1			MA	avec		X
	Basse puissance – veille PN / réveil souhaité ^{a, b}	RF1	CAN	TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f2	CW, MA	aucun		X
		RF1						X
		RF1a, RF1b			MA	avec		X

X Un essai doit être effectué.

^a L'un des émetteurs-récepteurs (DUT) du réseau d'essai doit être placé en mode basse puissance. Le deuxième émetteur-récepteur doit être en mode normal et envoie les signaux d'essai. Seul le DUT est surveillé et doit se comporter comme spécifié.

^b Réveil souhaité avec un temps de propagation de réseau de CEM.

^c Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun $L_{CM} = 100 \mu H$. En alternative, d'autres valeurs, par exemple $L_{CM} = 51 \mu H$ ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple $C = 100 pF$, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.

^e Pour un essai supplémentaire avec un filtre, il est suffisant de déterminer les performances avec la modulation MA. Cela réduit également la consommation d'énergie moyenne du réseau de couplage.

Tableau 30 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A_{IC} de la fonction CAN FD de l'émetteur-récepteur CAN

Type d'émetteur-récepteur	Mode de l'émetteur-récepteur / objectif	Port de couplage	Broche	Signal d'essai	Modulation RF ^e	Filtre de bus CAN ^d	Validation de défaillance	
							Broche RxD	Contrôleur de communication CAN ^a
CAN FD	FD 2 Mbit/s normal / émetteur de bouclage	RF1	CAN	TX2a	CW, MA	aucun	X ^b	X
		RF1			MA	avec	X ^b	X
		RF1a, RF1b					X ^b	X
	FD 2 Mbit/s normal / récepteur de communication	RF1	CAN	TX2a	CW, MA	aucun	X ^c	X
		RF1			MA	avec	X ^c	X
		RF1a, RF1b					X ^c	X
	FD 5 Mbit/s normal / émetteur de bouclage	RF1	CAN	TX2b	CW, MA	aucun	X ^b	X
		RF1,			MA	avec	X ^b	X
		RF1a, RF1b					X ^b	X
	FD 5 Mbit/s normal / récepteur de communication	RF1	CAN	TX2b	CW, MA	aucun	X ^c	X
		RF1,			MA	avec	X ^c	X
		RF1a, RF1b					X ^c	X

X Un essai doit être effectué.

a L'évaluation est faite par le contrôleur de communication CAN pour les deux nœuds du réseau d'essai.

b Uniquement l'évaluation du signal RxD de l'émetteur.

c Uniquement l'évaluation du signal RxD du récepteur.

d Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun $L_{CM} = 100 \mu H$. En alternative, d'autres valeurs, par exemple $L_{CM} = 51 \mu H$ ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple $C = 100 pF$, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.

e Pour un essai supplémentaire avec un filtre, il est suffisant de déterminer les performances avec la modulation MA. Cela réduit également la consommation d'énergie moyenne du réseau de couplage.

Les essais pour la classe d'état fonctionnel C_{IC} ou D_{IC} doivent être effectués conformément au Tableau 31.

Tableau 31 – Essais DPI pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel C_{IC} ou D_{IC} des émetteurs-récepteurs CAN

Mode de l'émetteur-récepteur / Objectif	Port de couplage	Broche	Signal d'essai	Modulation RF	Filtre de bus CAN ^a	Validation de défaillance
						Broche RxD
Normal	RF1	CAN	TX1	MA	avec	X
	RF2	V _{BAT}	TX1	CW	aucun	X
	RF3	WAKE	TX1	CW	aucun	X

X Un essai doit être effectué pour évaluer les états fonctionnels C_{IC} ou D_{IC} .

a Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun $L_{CM} = 100 \mu H$. En alternative, d'autres valeurs, par exemple $L_{CM} = 51 \mu H$ ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple $C = 100 pF$, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.

6.3 Immunité aux impulsions

6.3.1 Méthode d'essai

L'essai d'immunité aux impulsions doit être effectué en appliquant la méthode d'injection de transitoires non synchrones, conformément à l'IEC 62215-3.

6.3.2 Disposition d'essai

Les essais d'immunité aux impulsions de l'émetteur-récepteur doivent être effectués en appliquant la configuration donnée dans la Figure 9 avec le réseau de couplage tel que défini dans le Tableau 3.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62228-3:2019

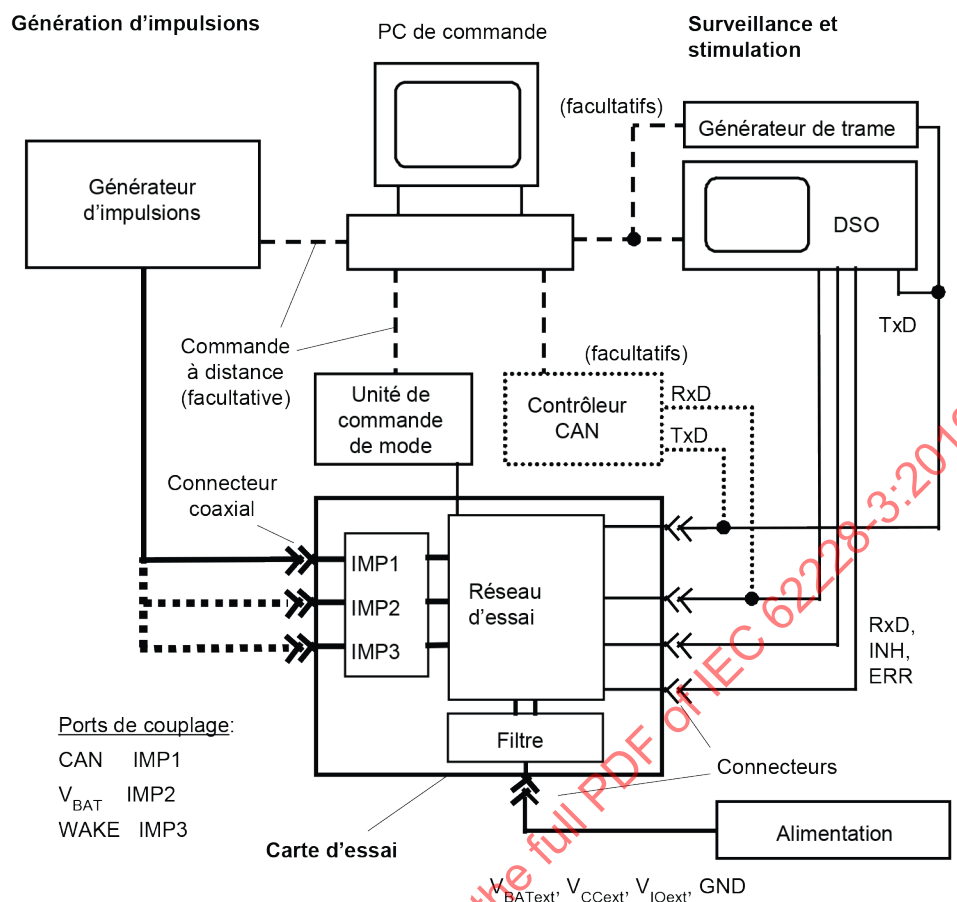


Figure 9 – Disposition d'essai pour les essais d'immunité aux impulsions

Les équipements d'essai exigés sont les suivants:

- générateur d'impulsions ;
- carte d'essai;
- générateur de trame (facultatif, nécessaire uniquement pour les essais normalisés CAN et les essais de mise en réseau partielle CAN);
- alimentation;
- unité de commande de mode (si possible commandée à distance via le PC);
- PC de commande (facultatif);
- oscilloscope à mémoire numérique (DSO);
- contrôleur CAN (facultatif, nécessaire uniquement pour les essais de mise en réseau partielle CAN).

6.3.3 Mode opératoire d'essai et paramètres

Pour déterminer l'immunité de l'émetteur-récepteur aux impulsions, des essais basés sur les définitions et paramètres donnés dans le Tableau 32 et le Tableau 33 doivent être effectués.

Tableau 32 – Spécifications pour les essais d'immunité aux impulsions

Elément	Définition et paramètres
Impulsions d'essai (voir Tableau 33)	1, 2a, 3a, 3b au niveau du port de couplage IMP2 3a, 3b (1 et 2a sont facultatifs) au niveau du port de couplage IMP1, IMP3
Incrément d'amplitude	10 V
Temps de palier	1 min pour les essais de la classe d'état fonctionnel A _{IC} 10 min pour les essais de la classe d'état fonctionnel C10 min pour les essais de la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC}
Mode opératoire d'essai pour la classe d'état fonctionnel A _{IC}	Recherche de dysfonctionnement sur un temps de palier minimal de 5 s, tandis que l'amplitude des impulsions est augmentée par incréments jusqu'aux niveaux des impulsions d'essai définies (par exemple, celles données dans le Tableau C.1). A la tension maximale déterminée, le niveau d'immunité atteint doit être attesté par un temps de palier d'1 min. Un mode opératoire de commande optimisé peut être utilisé pour réduire la durée de l'essai. Le niveau d'immunité correspond à l'amplitude maximale n'entraînant aucun dysfonctionnement.
Mode opératoire d'essai pour la classe d'état fonctionnel C _{IC} ou D _{IC}	Appliquer les impulsions d'essai définies (par exemple, celles données dans le Tableau C.1) et apprécier l'état fonctionnel après chaque essai.

Tableau 33 – Paramètres de l'essai d'immunité aux impulsions

Impulsion d'essai ^a	V_{smax} V	Fréquence de répétitions des impulsions (1/t ₁) Hz	R_i Ω	Remarques
1	-100	2	10	La batterie doit être éteinte uniquement pendant l'impulsion
2a	+75	2	2	–
3a	-150	10 000	50	–
3b	+100	10 000	50	–

^a Selon l'ISO 7637-2, les amplitudes des impulsions sont définies dans des conditions de charge libres, les paramètres de temps de montée et de durée adaptés aux systèmes 12 V sont définis par défaut.
Si cela est exigé pour l'application de l'émetteur-récepteur, il est possible d'utiliser d'autres valeurs d'impulsion pour les applications cibles dans d'autres domaines de puissance, par exemple 24 V ou des impulsions définies dans les normes de l'IEC (par exemple l'IEC 61000-4-4).

Les essais pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A_{IC} doivent être effectués pour la fonction standard de l'émetteur-récepteur CAN conformément au Tableau 34, pour la fonction de mise en réseau partielle de l'émetteur-récepteur CAN conformément au Tableau 35 et pour la fonction CAN FD de l'émetteur-récepteur CAN conformément au Tableau 36.

Pour chaque essai, un niveau d'immunité aux impulsions doit être déterminé et documenté dans le rapport d'essai.

Tableau 34 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A_{IC} de la fonction standard de l'émetteur-récepteur CAN

Type d'émetteur-récepteur	Mode de l'émetteur-récepteur / objectif					Validation de défaillance sur brochage		
		Port de couplage	Broche	Signal d'essai	Filtre de bus CAN ^d	RxD	ERR	INH ^b
CAN standard	Normal	IMP1	CAN	TX1	aucun	X	X	X
		IMP1			avec	X	X	X
		IMP2	V _{BAT}		aucun	X	X	X
		IMP3	WAKE		aucun	X		
	Basse puissance – repos / diaphonie	IMP1	CAN	–	aucun			X
		IMP2	V _{BAT}		avec			X
	Basse puissance – repos ou veille ^c / réveil indésirable	IMP1	CAN	–	aucun	X ^a		X ^a
		IMP1			avec	X ^a		X ^a
		IMP2	V _{BAT}		aucun	X ^a		X ^a
		IMP3	WAKE		avec	X ^a		X ^a
	Basse puissance – repos ou veille ^c / réveil souhaité	IMP1	CAN	TX3	aucun	X ^a		X ^a
		IMP1			avec	X ^a		X ^a

X Un essai doit être effectué.

^a L'évaluation dépend des fonctionnalités de l'émetteur-récepteur CAN au niveau de la broche RxD ou de la broche INH.

^b Le signal INH ou une autre fonction peut être utilisé, par exemple pour les puces système principales.

^c L'essai doit être effectué en mode repos ou en mode veille selon la fonction du DUT. Si les deux modes sont disponibles, le mode veille doit être choisi.

^d Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun $L_{CM} = 100 \mu H$. En alternative, d'autres valeurs, par exemple $L_{CM} = 51 \mu H$ ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple $C = 100 pF$, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.

Tableau 35 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A_{1C} de la fonction de mise en réseau partielle de l'émetteur-récepteur CAN

Type d'émetteur-récepteur	Mode de l'émetteur-récepteur / objectif					Validation de défaillance	
		Port de couplage	Broche	Signal d'essai	Filtre de bus CAN ^c	Broche RxD	Broche INH
CAN PN	Basse puissance – repos PN / réveil indésirable ^a	IMP1	CAN	TX4h	aucun	X	
					avec	X	
	Basse puissance – veille PN / fonction de temporisation t silence ^a			TX4i, TX4g	aucun		X
					avec		X
	Basse puissance – veille PN / réveil souhaité ^a			TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f1	aucun		X
					avec		X
	Basse puissance – veille PN / réveil souhaité ^{a, b}			TX4a, TX4b, TX4c, TX4d, TX4e, TX4f2	aucun		X
					avec		X

X Un essai doit être effectué.

^a L'un des émetteurs-récepteurs (DUT) du réseau d'essai est placé en mode basse puissance. Le deuxième émetteur-récepteur est en mode normal et envoie les signaux d'essai. Seul le DUT est surveillé et doit se comporter comme spécifié.

^b Réveil souhaité avec un temps de propagation de réseau de CEM.

^c Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun $L_{CM} = 100 \mu H$. En alternative, d'autres valeurs, par exemple $L_{CM} = 51 \mu H$ ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple $C = 100 pF$, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.

Tableau 36 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel A_{1C} de la fonction CAN FD de l'émetteur-récepteur CAN

Type d'émetteur-récepteur	Mode de l'émetteur-récepteur					Validation de défaillance
		Port de couplage	Broche	Signal d'essai	Filtre de bus CAN ^b	Contrôleur de communication CAN ^a
CAN FD	FD 2 Mbit/s normal	IMP1	CAN	TX2a	aucun	X
	avec				X	
	FD 5 Mbit/s normal			TX2b	aucun	X
					avec	X

X Un essai doit être effectué.

^a L'évaluation est faite par le contrôleur de communication CAN pour les deux nœuds du réseau d'essai.

^b Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun $L_{CM} = 100 \mu\text{H}$. En alternative, d'autres valeurs, par exemple $L_{CM} = 51 \mu\text{H}$ ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple $C = 100 \text{ pF}$, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.

Les essais pour la classe d'état fonctionnel C_{IC} ou D_{IC} doivent être effectués conformément au Tableau 37.

Tableau 37 – Essais d'immunité aux impulsions pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel C_{IC} ou D_{IC} des émetteurs-récepteurs CAN

Mode de l'émetteur-récepteur / Objectif	Port de couplage	Broche	Signal d'essai	Filtre de bus CAN ^a	Validation de défaillance
					Broche Rx/D
Normal	IMP1	CAN	TX1	avec	X
	IMP2	V_{BAT}	TX1	aucun	X
	IMP3	WAKE	TX1	aucun	X
X Un essai doit être effectué pour évaluer les états fonctionnels C_{IC} ou D_{IC} .					
^a Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun $L_{CM} = 100 \mu H$. En alternative, d'autres valeurs, par exemple $L_{CM} = 51 \mu H$ ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple $C = 100 pF$, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.					

6.4 Décharge électrostatique (DES)

6.4.1 Méthode d'essai

L'essai d'immunité aux décharges électrostatiques doit être effectué en appliquant la méthode pour les décharges directes, conformément à l'ISO 10605.

6.4.2 Disposition d'essai

Les essais d'immunité aux décharges électrostatiques des émetteurs-récepteurs CAN doivent être effectués en appliquant la configuration donnée dans la Figure 10 et la Figure 11.

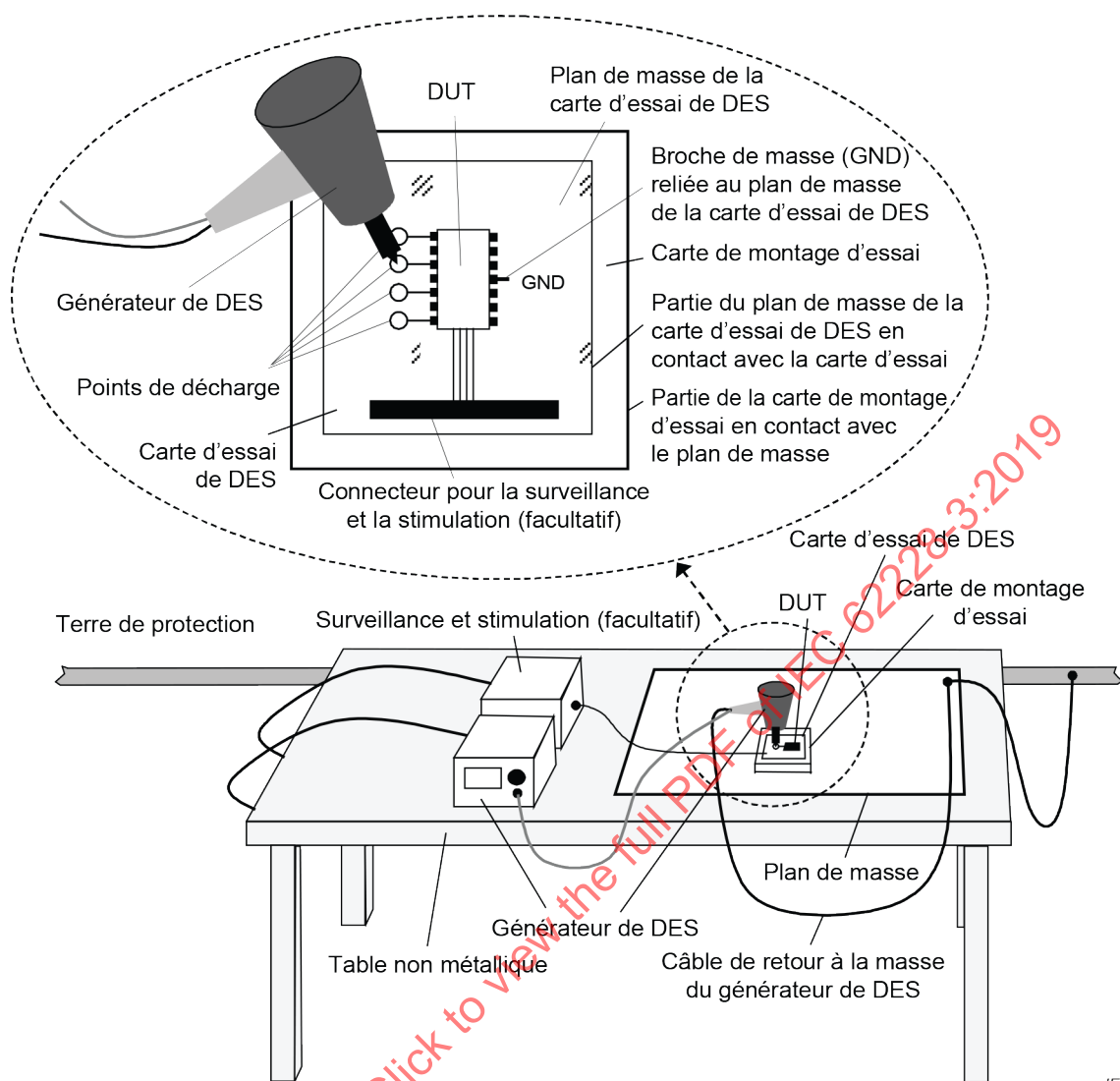


Figure 10 – Disposition d'essai pour les essais de décharge électrostatique directe – Disposition principale

Les équipements d'essai exigés sont les suivants:

- générateur de DES (conformément à l'ISO 10605, condensateur de stockage de décharge $C = 150 \text{ pF}$ et résistance de décharge $R = 330 \text{ }\Omega$);
- carte d'essai de DES;
- plan de masse;
- carte de montage d'essai;
- équipements auxiliaires, comme l'alimentation, la commande de mode, la surveillance et la stimulation (facultatif, uniquement nécessaire pour les essais en mode normal et la validation fonctionnelle préalable ou finale).

Le plan de masse, d'une surface minimale de $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$, doit être relié à la terre de protection du circuit électrique du laboratoire d'essai. Le câble de retour à la masse du générateur de DES doit être directement relié à ce plan de masse.

La carte de montage d'essai métallique accueille la carte d'essai de DES et relie directement le plan de masse de la carte d'essai de DES au plan de masse de référence. La connexion de masse de la carte de montage d'essai doit être connectée au plan de masse à une impédance

Tableau 38 – Spécifications pour les essais des décharges électrostatiques directes

Elément	Paramètre
Type de décharge	contact
Circuit de décharge	$R = 330 \, \Omega$, $C = 150 \, \text{pF}$
Niveaux de tension de décharge	niveau de départ 1 kV niveau d'arrêt $V_{\text{ESD_damage}}$ ou 25 kV
Incréments de la tension de décharge	incréments d'1 kV jusqu'à $V_{\text{ESD}} = 15 \, \text{kV}$ incréments de 5 kV au-delà de $V_{\text{ESD}} = 15 \, \text{kV}$

Tableau 39 – Essais de décharge électrostatique en mode passif pour l'évaluation de la classe d'état fonctionnel D_{IC} des émetteurs-récepteurs CAN

Mode de l'émetteur-récepteur / objectif	Port de couplage	Broche	Filtre de bus CAN ^d	Validation de défaillance		
				Broche Rx ^a	Signaux CAN ^b	Caractéristique I-V ^c
Mode passif	ESD1a, ESD1b	CAN	aucun		X	
			avec			
	ESD2	V _{BAT}	aucun			
	ESD3	WAKE	aucun			

X Un essai doit être effectué en suivant le mode opératoire suivant:

- 1) mesure de référence du signal Rx^a, des signaux CAN en mode fonctionnel normal (le DUT émet) et de la caractéristique I-V de toutes les broches à soumettre à essai (essai de mise à la terre);
- 2) 3 impulsions de DES de polarité positive sur le point de décharge ESD2 (V_{BAT}) avec une temporisation de 5 s entre chacune des impulsions; après chaque impulsion de DES, la broche ou le point de décharge doit être déchargé à la terre afin de garantir un potentiel nul avant la prochaine impulsion de DES;
- 3) validation de défaillance;
- 4) répéter les points 2) à 3) pour le point de décharge ESD3 (WAKE);
- 5) répéter les points 2) à 3) pour le point de décharge ESD1a (CAN_H);
- 6) répéter les points 2) à 3) pour le point de décharge ESD1b (CAN_L);
- 7) répéter les points 2) à 6) avec une polarité négative;
- 8) répéter les points 2) à 7) avec la tension d'essai de DES immédiatement supérieure, jusqu'à endommager la broche soumise à essai.

Si une broche est endommagée, il convient d'utiliser un nouveau CI pour poursuivre l'essai des autres broches.

^a L'émetteur-récepteur est défini en mode normal avec une carte d'adaptation connectée et l'utilisation du signal d'essai TX1 uniquement lors d'une validation de défaillance. Evaluation du signal Rx^a en utilisant les définitions du Tableau 19.

^b L'émetteur-récepteur est défini en mode normal avec une carte d'adaptation connectée et l'utilisation du signal d'essai TX1 uniquement lors d'une validation de défaillance. Evaluation des signaux CAN: l'écart maximal autorisé par rapport au signal de référence doit être inférieur à 5 %.

^c Evaluation de la caractéristique I-V conformément à 5.5.3

^d Le filtre de bus CAN par défaut est une CMC avec une inductance du mode commun L_{CM} = 100 µH. En alternative, d'autres valeurs, par exemple L_{CM} = 51 µH ou des filtres du bus CAN capacitifs, par exemple C = 100 pF, sont possibles. Le filtre du bus CAN utilisé doit être documenté dans le rapport d'essai.

7 Rapport d'essai

Il convient de faire figurer les informations suivantes dans le rapport d'essai:

- diagramme de principe des configurations d'essai;

- critères de défaillance sur les essais d'immunité;
- photographie ou schéma des circuits d'essai;
- caractéristiques de transfert des réseaux de couplage et de découplage;
- description du matériel d'essai;
- description de la version du protocole utilisée;
- description de tout écart par rapport aux paramètres d'essai définis précédemment;
- résultats d'essai.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62228-3:2019

Annexe A (normative)

Circuits d'essai CAN

A.1 Généralités

Les circuits d'essai CAN définissent les détails du circuit d'essai complet pour soumettre à essai de DES les émetteurs-récepteurs CAN, en condition réseau dans les modes fonctionnels pour un émetteur-récepteur seul. Ils spécifient les composants obligatoires et facultatifs pour les fonctions d'émetteur-récepteur CAN, et les composants pour les réseaux de couplage, les réseaux de découplage utilisés pour l'alimentation électrique, la stimulation, la surveillance et l'essai du DUT.

Le circuit d'essai CAN constitue la base des résultats d'essai et de leur interprétation.

A.2 Circuit d'essai pour les émetteurs-récepteurs CAN dans les modes fonctionnels

Un schéma général du circuit d'essai pour un réseau CAN permettant de soumettre à essai les émetteurs-récepteurs CAN standard dans les modes fonctionnels, dans un réseau minimal de communication comprenant deux nœuds CAN, est représenté à la Figure A.1. Un schéma général du circuit d'essai permettant de soumettre à l'essai les émetteurs-récepteurs CAN PN est représenté à la Figure A.2. Le nœud 1 fait office d'émetteur des signaux d'essai; il émule un message CAN qui sera réceptionné et surveillé sur les ports de sortie des nœuds du réseau configuré.

Un nœud CAN se compose de l'émetteur-récepteur (A10, A20), du filtre de bus CAN (L10, L20), des composants externes obligatoires (D10, C10, C11, C12, C13, R10, R11, R14, D20, C20, C21, C22, C23, R20, R21, R24) et des réseaux de découplage sur les broches ou les entrées surveillées (R12, R14, R15, R16, R22, R24, R25, R26).

Tous les composants externes obligatoires (sauf les composants dédiés au bus CAN) doivent être utilisés conformément à la spécification du CI émetteur-récepteur CAN. Si des composants spéciaux pour le bus CAN sont définis dans la spécification, il convient que ces composants soient également soumis à essai et documentés dans le rapport d'essai.

Les valeurs de résistance sur la broche WAKE doivent être définies à la valeur maximale spécifiée ($R_{\max}$ par défaut = 3,3 k Ω) pour R10 et R20, et à la valeur minimale spécifiée ($R_{\min}$ par défaut = 33 k Ω) pour R11 et R21.

Pour le découplage RF des broches contrôlées INH et ERR, la valeur de résistance par défaut est définie à $R = 1$ k Ω , elle est définie à $R = 47\Omega$, pour tous les essais des broches RxD et TxD. Pour la comparaison des résultats d'émetteur-récepteur CAN standard relevés avec des définitions de la spécification précédente RxD, TxD peut être défini sur $R = 1$ k Ω et doit être documenté dans le rapport d'essai.

Pour les essais CAN FD, les résistances aux broches RxD et TxD (R15, R16, R25, R26) sont définies sur $R = 47\Omega$. De plus, il convient que la valeur des condensateurs C14 et C24 soit choisie pour obtenir une capacité de charge extérieure à la broche RxD de 15 pF $\pm$ 10 %. Toute charge capacitive engendrée par la connexion de la carte d'essai au contrôleur CAN et au DSO pour la surveillance doit être considérée.

Afin d'éviter une tension flottante au niveau de la broche INH en mode veille, une résistance de rappel (R13, R23) doit être utilisée avec des valeurs conformes à la spécification du CI (R par défaut = 10 k Ω).

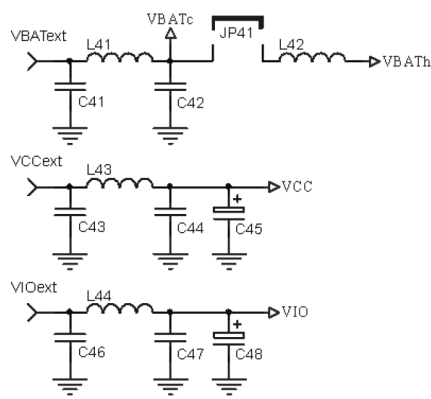
Chaque entrée de commande mettant le DUT en mode normal, en mode repos ou en mode veille doit être connectée/configurée conformément à la spécification du CI. Les connexions à l'équipement de commande périphérique doivent être découplées du circuit d'essai (Figure A.1: optocoupleur A4, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48 et Figure A.2: optocoupleur A4, A5, A6, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R410, R411, R412, R413, R414, R415, R416, R417).

Le raccordement du bus CAN est mis en œuvre avec la résistance $R49 = 62 \Omega$.

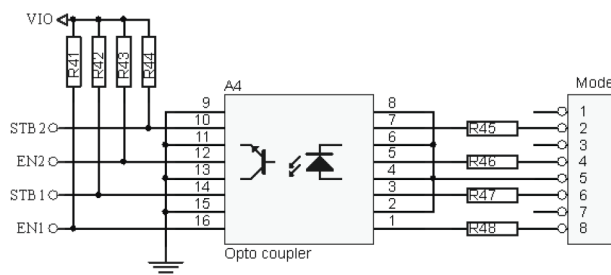
Pour le découplage des alimentations externes, des filtres capacité – inductance (LC) à deux étages (L41, L42, C41, C42 / L43, C43, C44, C45 et L44, C46, C47, C48) sont utilisés séparément pour V_{BAT} , V_{CC} et V_{IO} . Il convient que l'impédance de L42 soit supérieure à 400Ω dans la plage de fréquences concernée. Le pontage JP41 est ouvert afin de déconnecter la tension d'alimentation et le réseau du filtre de découplage RF à V_{BAT} , lors des essais d'impulsions à V_{BAT} . Dans ce cas, la tension d'alimentation V_{BAT} est fournie directement via le réseau de couplage IMP2.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62228-3:2019

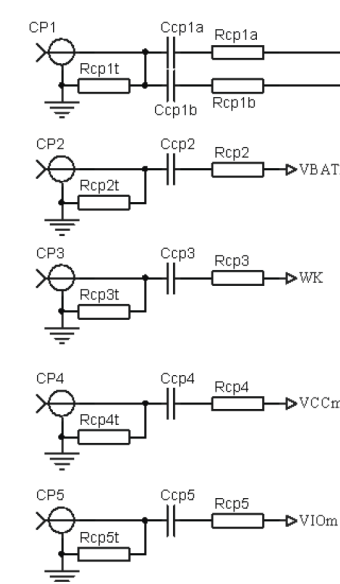
Alimentation, Réseaux de découplage



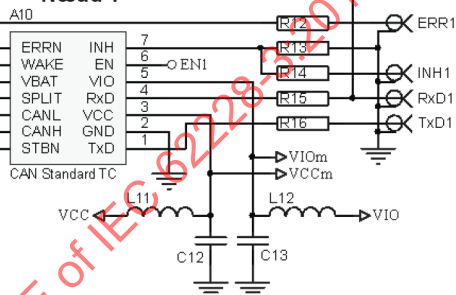
Commande de mode



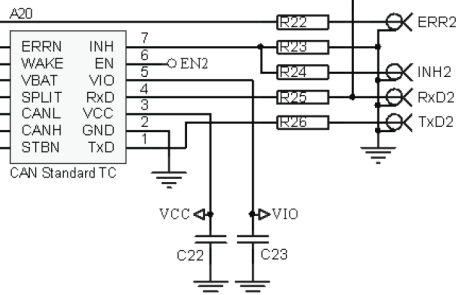
Réseaux de couplage



Nœud 1



Nœud 2



Légende Composants

A10, A20

A4

C10, C20, C45, C46, C48

C11, C12, C13, C21, C22, C23

C14, C24

C41, C43, C46

C42, C44, C47

Ccp1a, Ccp1b, Ccp2, Ccp3, Ccp4, Ccp5

D10, D20

JP10, JP20

L10, L20

L11, L12

L41, L43, L44

R10, R20

R11, R21

R12, R14, R22, R24

émetteur-récepteur CAN standard

optocoupleur (facultatif)

condensateur $C = 22 \mu\text{F}$

condensateur $C = 100 \text{ nF}$

condensateur $C \leq 15 \text{ pF}$ (uniquement utilisé pour les essais de la fonctionnalité CAN FD, la valeur dépend du montage d'essai et il convient de la choisir afin d'obtenir une capacité de charge extérieure de $15 \text{ pF} \pm 10 \%$ au niveau de la broche Rx/D)

condensateur $C = 1 \text{ nF}$

condensateur $C = 330 \text{ pF}$

condensateur (valeur dépendante de l'essai)

diode de redressement à usage général

pontage

réjection du mode commun $L = 100 \mu\text{H}$ (valeur par défaut, placement dépendant de l'essai)

bobine d'inductance $L = 4,7 \mu\text{H}$ (uniquement insérée pour les mesures d'émission en V_{CC} et V_{IO})

bobine d'inductance $L = 47 \mu\text{H}$

résistance $R = 3,3 \text{ k}\Omega$

résistance $R = 33 \text{ k}\Omega$

résistance $R = 1 \text{ k}\Omega$