

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrostatic discharge sensitivity testing – Transmission line pulse (TLP) –
Component level**

**Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques – Impulsion de ligne de
transmission (TLP) – Niveau composant**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

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



IEC 62615

Edition 1.0 2010-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Electrostatic discharge sensitivity testing – Transmission line pulse (TLP) –
Component level**

**Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques – Impulsion de ligne de
transmission (TLP) – Niveau composant**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 17.220.99; 31.080

ISBN 978-2-88910-976-0

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY TESTING –
TRANSMISSION LINE PULSE (TLP) –
COMPONENT LEVEL**

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 62615 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

This first edition is based on an ANSI/ESDA document ANSI/ESD STM5.5.1-2008.

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

FDIS	Report on voting
47/2046/FDIS	47/2056/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

INTRODUCTION

Interest in TLP testing is growing rapidly in the testing of electronic components in the semiconductor industry. TLP testing techniques are being used for semiconductor process development, device and circuit design. This technique or practice is being utilized on products in both wafer level and packaged environments. TLP testing is used as an electrostatic discharge (ESD) characterization tool to obtain voltage-current pulse characterization parameters, failure levels, and ESD metrics. The TLP technique is being used today as a standard measurement for ESD devices. The TLP system to the ESD engineer is becoming a tool as critical as the 'parameter analyzer' is to the semiconductor engineer.

The majority of TLP systems are designed by engineers in a laboratory environment. A number of commercial TLP systems have been marketed in the industry. Hence it is clear a TLP specification was needed for the TLP vendors, semiconductor industry and product customers to be able to make valid data comparisons. With the usage of TLP data for ESD characterization, technology benchmarking, and product quality evaluation, there is a growing need to have standard methodologies, failure criteria, and means of reporting to allow dialogue between semiconductor suppliers, vendors, and product customers.

This document defines the standard test method used today in the semiconductor industry for TLP testing method and techniques in both industrial and academic institutions (this document is intended to be used by electrical technicians, electrical engineers, semiconductor process and device engineers, ESD reliability and quality engineers, and circuit designers).

The context of this document is the application of TLP techniques for the electrical characterization of semiconductor components. These semiconductor components can be single devices, a plurality of devices, integrated circuits, or semiconductor chips. This methodology is relevant to both active and passive elements. This test method is applicable to diodes, MOSFET devices, bipolar transistors, resistors, capacitors, inductors, contacts, vias, wire interconnects, and related components.

ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY TESTING – TRANSMISSION LINE PULSE (TLP) – COMPONENT LEVEL

1 Scope and object

This International Standard defines a method for pulse testing to evaluate the voltage current response of the component under test and to consider protection design parameters for electro-static discharge (ESD) human body model (HBM). This technique is known as transmission line pulse (TLP) testing.

This document establishes a methodology for both testing and reporting information associated with transmission line pulse (TLP) testing. The scope and focus of this document pertains to TLP testing techniques of semiconductor components.

This document should not become alternative method of HBM test standard such as IEC 60749-26. The purpose of the document is to establish guidelines of TLP methods that allow the extraction of HBM ESD parameters on semiconductor devices. This document provides the standard measurement and procedure for the correct extraction of HBM ESD parameters by using TLP.

2 Normative references

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

IEC 60749-26: *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 26: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Human body model (HBM)*

IEC 60749-27, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 27: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Machine model (MM)*

IEC 60749-28, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 28: Electrostatic discharge (ESD) sensitivity testing – Direct contact charged device model (DC-CDM)*¹

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

current source method

TLP methodology (sometimes referred to as constant current method) that utilizes a 500 Ω resistor in series with the DUT and measures the voltage and current at the DUT

3.2

destructive damage

damage where the operating electrical characteristics or parameters are altered and do not recover to the initial conditions prior to stress

¹ Under consideration.

3.3 safe operation area (SOA)

current and voltage regime where a device is in normal operation without degradation

3.4 second breakdown

condition where a negative resistance state occurs in a device due to thermal processes

NOTE This is designated as the voltage trigger point V_{t2} and current I_{t2} , and is typically observed after electrical breakdown (e.g., V_{t1} , I_{t1})

3.5 thermal instability

condition whereby a device is in a negative resistance regime due to thermal processes

3.6 time domain reflectometer method (TDR)

TLP methodology that uses an oscilloscope to measure both the incident and the reflected waves from the device under test (DUT)

3.7 time domain transmission method (TDT)

TLP methodology that uses an oscilloscope to measure the transmitted wave after application to the device under test (DUT)

3.8 time domain transmission and reflection method (TDRT)

TLP methodology that incorporates both the transmitted and reflected waves

3.9 transmission line pulse (TLP)

a rectangular current pulse formed by discharging a charged transmission line cable.

NOTE In this document, TLP refers to any rectangular pulse formed from any pulse source

3.10 transmission line pulse test system

a test system that applies a rectangular pulse to a device under test and allows measurement of device electrical characteristics during a pulsed state

NOTE The system typically measures current and voltage across the device, as well as leakage current after TLP pulse application

4 Test apparatus

4.1 General

Transmission line pulse (TLP) systems vary in their use of equipment, configurations, and methodology to extract the current and voltage characteristics of a device. TLP design and system configuration is contained in Annex A.

All equipment within the test system shall be able to withstand the maximum current for the largest pulse width applied. Additionally, all equipment shall withstand the maximum voltage from the initial charge voltage (including the reflected voltage) observed in the test system. Current and voltage probes shall not saturate and/or fail during TLP testing.

4.2 Oscilloscope

Oscilloscope requirements:

- a) minimum single shot bandwidth of at least 500 MHz

4.3 Voltage probe

Voltage probe requirements:

- a) a minimum bandwidth of 200 MHz.
- b) shall be able to withstand a maximum voltage of twice the open-circuit maximum voltage (e.g. twice the pre-charge voltage) without electrical damage

4.4 Current probe

Current probe requirements:

- a) a minimum bandwidth of 1 GHz.
- b) shall not saturate under TLP test maximum current and/or maximum pulse width

4.5 Transmission line

Transmission line requirements:

- a) shall be able to withstand the maximum current for the largest TLP test pulse width without electrical damage.
- b) shall be able to withstand the maximum TLP test voltage observed (combined initial charge voltage and reflected voltage) without electrical damage.

4.6 High voltage power supply

High voltage power supply requirements:

- a) shall be able to source TLP test voltage levels required to evaluate the DUT.
- b) shall be able to withstand the maximum TLP test voltage observed (combined initial charge voltage and reflected voltage) without electrical damage.

4.7 High voltage switch

High voltage switch requirements:

- a) shall be able to withstand maximum current for the largest TLP test pulse width without electrical damage.
- b) shall be able to withstand the maximum TLP test voltage observed (combined initial charge voltage and reflected voltage) without electrical damage.

4.8 Attenuator

Attenuator requirements:

- a) shall be able to withstand maximum current for the largest TLP test pulse width without electrical damage.
- b) shall be able to withstand the maximum TLP test voltage observed (combined initial charge voltage and reflected voltage) without electrical damage.

4.9 Rise time filter

Rise time filter requirements:

- a) shall be able to withstand maximum current for the largest TLP test pulse width without electrical damage.
- b) shall be able to withstand the maximum TLP test voltage observed (combined initial charge voltage and reflected voltage) without electrical damage.

5 TLP waveform parameters

5.1 Pulse characteristics

This subclause describes pulse characteristics for specified load conditions. Table 1 summarizes these pulse characteristics.

Table 1 – TLP current and voltage pulse parameters

TLP Pulse Parameters (Voltage and Current Conditions)	Typical Value	Load Condition
Current pulse width	100 ns	Short
Voltage rise time	0,2 to 10 ns	Open
Current rise time	0,2 to 10 ns	Short
Fall time	Greater or equal to rise time	N/A
Maximum peak voltage overshoot	20 % of plateau	Open
Maximum voltage ringing duration	25 % of pulse width	Open
Maximum peak current overshoot	20 % of plateau	Short
Maximum current ringing duration	25 % of pulse width	Short
Measurement time window	10 % to 95 % of pulse width	N/A

5.2 Pulse plateau

The pulse plateau is the pulse time-averaged maximum value.

5.3 Pulse width

The pulse width is defined as the full width half maximum or FWHM. The most commonly used TLP pulse width is 100 ns (see Figure 1).

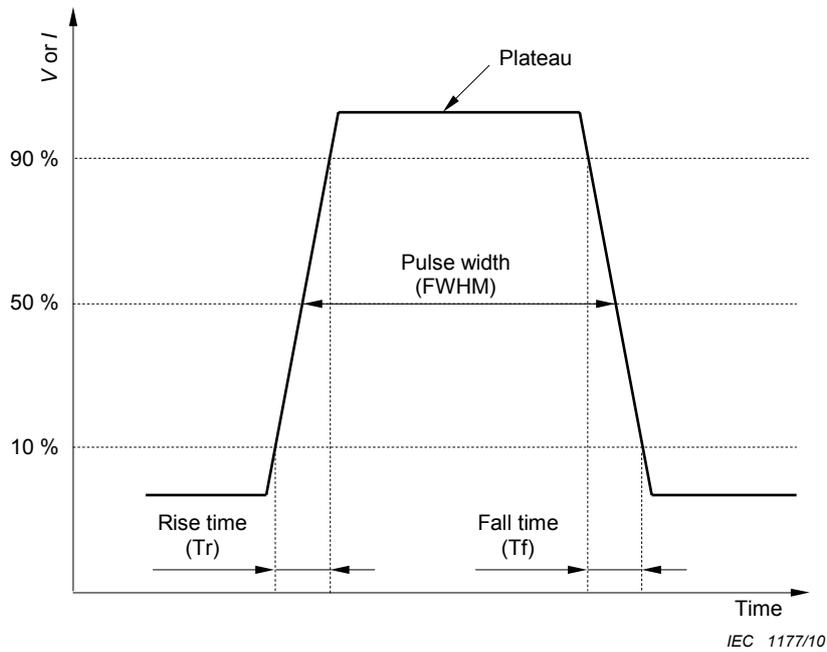


Figure 1 – TLP waveform parameter illustration for pulse width rise time and fall time (parameters apply to both voltage and current TLP waveforms)

5.4 Rise time

Rise time is defined as the time it takes the voltage or current to rise from 10 % to 90 % of the pulse plateau (see Figure 1). TLP systems have a typical rise time of less than 10 ns.

5.5 Fall time

Fall time is defined as the time it takes the voltage or current to decrease from 90 % to 10 % of the pulse plateau (see Figure 1). The fall time shall be equal to or greater than the rise time. When a pulse source other than a charged transmission line is used for pulse generation, it is recommended that the fall time be equal to the rise time.

5.6 Maximum peak current overshoot

The maximum peak current overshoot is defined as the magnitude of the overshoot peak current (into a short circuit) to the current plateau of the measured pulse (see Figure 2). It shall be less than 20 % of the plateau current.

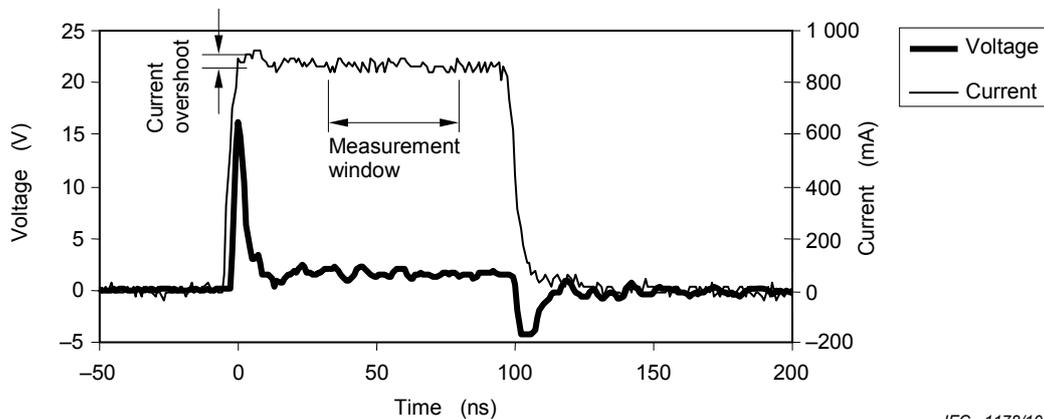


Figure 2 – Illustration of maximum peak current overshoot

5.7 Maximum current ringing duration

The maximum current ringing duration is defined as the duration of time between the beginning of the current pulse and the time that the ringing reaches less than 5 % of the plateau current magnitude. The maximum ringing duration shall be less than 25 % of the pulse width. For example, a 100 ns TLP pulse shall have a maximum ringing duration of less than 25 ns.

5.8 Maximum peak voltage overshoot

The maximum peak voltage overshoot is defined as the magnitude of the overshoot peak voltage to the voltage plateau of the measured pulse (see Figure 3). It shall be less than 20 % of the plateau voltage magnitude.

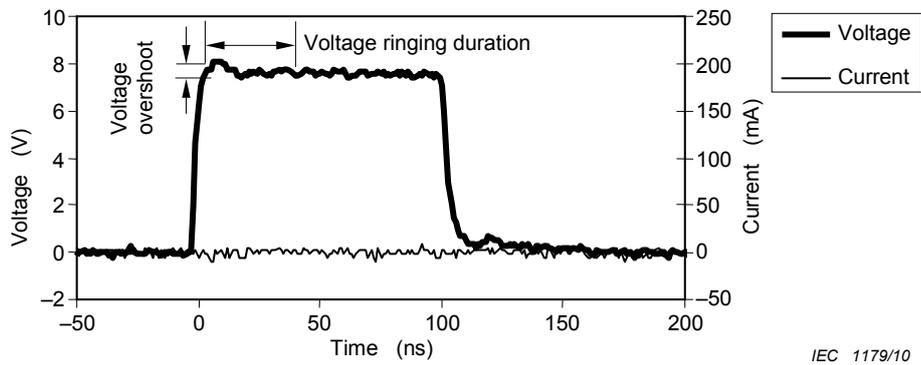


Figure 3 – Illustration of maximum peak voltage overshoot

5.9 Maximum voltage ringing duration

The maximum voltage ringing duration is defined as the length of time between the first overshoot beyond the plateau voltage to the time when it settles to within 5 % of the plateau voltage. The maximum ringing duration shall be less than 25 % of the pulse width. For example, a 100 ns TLP pulse shall have maximum ringing duration of less than 25 ns.

5.10 Measurement window

The measurement window is the range of time within the pulse width where the voltage and current of the device under test (DUT) are measured. The length of the measurement window shall be more than 10 % of the pulse width to achieve accuracy by averaging many data points.

6 Test requirements and procedures

6.1 Error correction

Adjustments of both current and voltage measurements are important to remove unavoidable non-ideal system characteristics such as system resistance, contact resistances, and shunt resistance. Periodic verification using simple components with known properties insures accurate measurements.

6.2 Tester error correction methodology

6.2.1 General methodology

Perform the error correction methodology, including the open and short circuit measurements, at least once per shift or when the equipment is modified or changed. Longer periods between error correction steps may be used if no changes in the error correction factors are observed

for several consecutive checks. Create a separate set of adjustment values for each test pulse rise time, or configuration of cables and probes used to collect device data. The adjustments derived from the short circuit and open circuit measurements may be applied to the data within the operating system software, during post processing using spreadsheet or other data analysis software or can be done manually. To insure accurate results, all measurements shall be performed on properly calibrated measurement instruments.

6.2.2 Error correction short circuit methodology

Measurements through a short circuit allow for correction of system and contact resistance.

Connect an electrical short circuit to the end of the device testing connections or needles at the DUT. In the case of wafer probes, placing probe needles on a low resistance clean metal can be considered as a good electrical short circuit. The short circuit shall be made of the same type of material to be used during device measurements or verification, and shall be verified by standard low resistance measurement techniques with accuracy to 1 m Ω .

Perform a TLP test (see 6.4 for test procedure) with at least 5 points set to the maximum current. If the slope of a line through the test points is not 0 Ω , then the value of the slope of the line in V/I (Ω) represents the internal adjustment value and shall be used to correct the DUT I-V test data.

Record the measured V-/I-values for reference and use until the next short circuit error correction.

For the greatest accuracy, use an I-V plot range of ± 1 V with the current range set to highest value used in the TLP system.

6.2.3 Error correction open circuit methodology

Measurements through an open circuit allow the correction of shunt resistance contributions.

Provide an open circuit at the end of the device testing connections for a socket tester. For wafer probing, disconnecting the probe needles from the short circuit will provide an optimum open circuit.

Perform a TLP test (see 6.4 for test procedure) with at least 5 points set to the maximum voltage. If the slope of a line through the test points is not infinite, then the value of the slope of the line represents the internal adjustment value and shall be used to correct the DUT I-V test data.

Record the measured V-/I-values for reference and use until the next open circuit error correction.

For the greatest accuracy, use an I-V plot range of ± 10 mA with the voltage range set to the highest value used for device testing.

NOTE Typically the current probe losses inject 1 Ω into the current carrying wire, thus the total V/I correction will be greater than 1 Ω . TLP test leads running to a wafer probe station can add an additional 1 Ω to the V/I error correction. Therefore, the V/I error correction can be approximately 1 Ω for socket testing and 1 Ω to 2 Ω for wafer testing. Unless a voltage probe with a lower resistance provides greater shunt losses, the I/V error correction will vary between 10 k Ω and 100 k Ω .

6.3 Tester verification methodology

Verification of TLP test system accuracy shall be performed on a regular basis and prior to system use to minimize error in the measurements. The verification procedure and methodology is dependent on the TLP method being utilized. Verification is performed using

both a Zener diode and a resistor. The Zener diode is used to verify the system voltage error. Once the voltage error is known, a resistor is used to verify the system current error.

- a) Choose a Zener diode. Measure the dc reverse bias breakdown voltage.
- b) Perform a reverse bias TLP test (see 6.4) on the Zener diode to a voltage above the Zener diode reverse bias breakdown voltage. Compare the TLP and dc breakdown voltage.
- c) Choose a resistor whose resistance value is comparable to the DUT resistance (typical DUT resistances are between 1 and 50 Ω). Measure the resistance to within 10 m Ω . A four-wire (Kelvin) technique removes contact resistance from the measurement. For a socket system, insert the resistor into the test socket. For a wafer probing system, place the probe needles on the electrical terminals of the resistor element.
- d) Perform a TLP I-V measurement (see 6.4 for test procedure). The number of voltage steps shall be chosen to minimize measurement error relative to the average resistance straight-line slope. Use the V/I and I/V error correction results to correct for system, contact, and shunt resistance.
- e) After the test completion, calculate the V/I ratio (e.g. slope). Compare the calculated resistance and measured dc resistance. The difference is a measure of the amount of error in the TLP measured resistance. Given that the measured voltage has been found to be accurate (e.g., based on the Zener diode measurement), a determination of current measurement accuracy can be obtained by comparing the measured and calculated current. This is based on the measured voltage divided by the known resistance value.
- f) Perform the resistance measurement for each rise time and cable configuration to be used. The accuracy shall be approximately the same for each measurement.

6.4 TLP test procedure

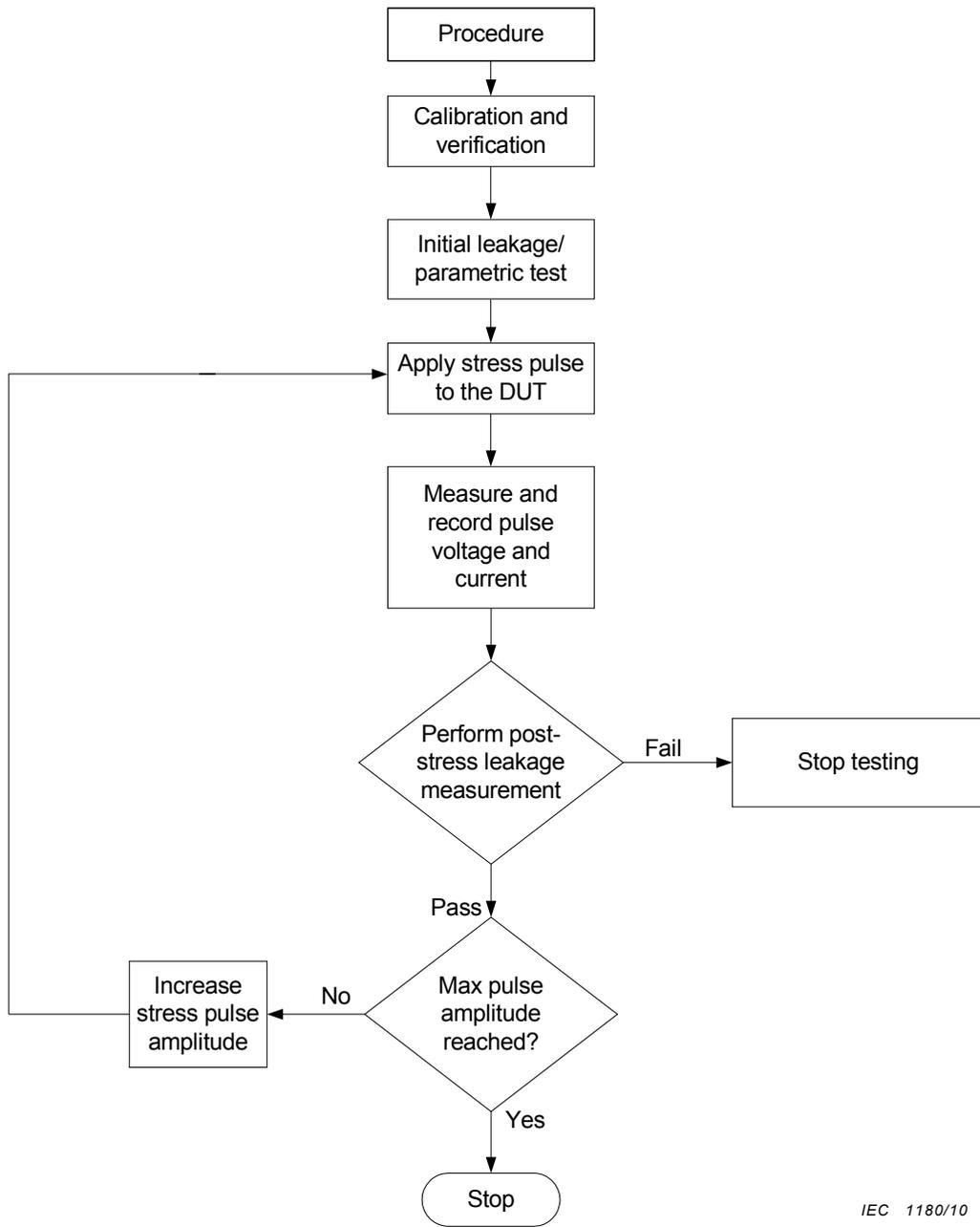
The TLP test procedure uses a series of increasing pulse amplitudes to characterize or test a device, discrete circuit, or test structure. This test procedure is described below and illustrated in the test flow diagram of Figure 4.

- a) Select appropriate test level, including pulse width, amplitude and polarity.
- b) Select step size increments.
- c) To insure repeatability and integrity of measurements, a minimum of three devices shall be tested.
- d) A minimum time between successive step pulses of 0,3 seconds shall be used to allow for DUT cooling during TLP testing.
- e) Define failure criteria and perform initial (reference) leakage current measurement on the DUT (see Clause 7).
- f) Apply a stress pulse of a fixed width (in accordance with Item a) above) to the DUT; TLP testing shall begin at the lowest desired level of interest and increased using the defined step stress.
- g) Measure and record the stress pulse voltage and current; this will represent one I-V point on the DUT I-V curve.
- h) Perform a post-stress leakage measurement on the DUT. If the device fails (as defined in Clause 7), the test is complete.

NOTE A simple semiconductor parametric analyzer can be used for measuring leakage of discrete test structures, but it may not be sufficient for measuring leakages of all circuit types and complex structures. Evaluation may require pre-conditioning or powered states.

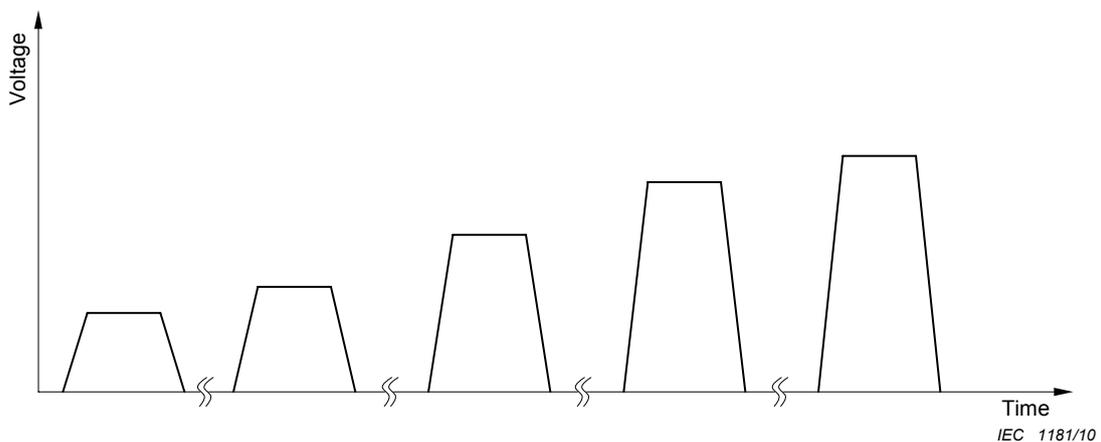
- i) If the device passes (as defined in the failure criteria of Clause 7), increase the pulse amplitude to the next desired level and repeat steps 6.4 f) to h) until the maximum desired pulse amplitude is reached. This will generate a series of pulses as shown in Figure 5. To minimize measurement error, it is necessary to set the desired step size to magnitudes consistent with the test structure response.

NOTE Depending on the DUT configuration and requirements, additional bias can be applied to the DUT terminals during application of the TLP pulse. External transients can lead to accidental triggering of the DUT when ground loops exist. Ground loops should be avoided



IEC 1180/10

Figure 4 – Flow diagram for the TLP component test procedure



IEC 1181/10

Figure 5 – Illustration of TLP pulse sequence

7 Failure criteria

7.1 General information on failure criteria

Failure criteria are application dependent and are typically associated with an increase in leakage current. Any device or circuit that fails to meet its device or product specification shall be regarded as a failure. (see IEC 60749-26, IEC 60749-27 and future IEC 60749-28). All relevant information shall be recorded.

NOTE 1 Negative resistance region transitions in the TLP I-V plot accompanied by large increases in the leakage condition (e.g., 10X to 100X increase) are often associated with damage to the DUT. This transition may be defined as the failure voltage and failure current. Leakage increases observed during successive TLP steps that lead to DUT characteristic or specification shifts can be regarded as the condition of DUT failure. Leakage increases observed during TLP testing that do not lead to DUT specification failure do not have to be regarded as DUT failure. In the case that there is no DUT specification or failure criteria, DUT failure can be defined as a 10X increase in leakage current.

NOTE 2 Destructive damage is defined as the level at which DUT operating electrical characteristics or parameters are altered and do not restore to initial pre-stress conditions. Destructive damage may be visible following TLP stress. Negative resistance regions of a TLP I-V characteristic may not be indicative of destructive damage. For example, second breakdown is where a negative resistance state occurs in a device due to thermal processes and may indicate the onset of destructive breakdown. The I-V point at which this occurs is known as the second breakdown voltage and current (V_{t2} , I_{t2}), observed after electrical breakdown (V_{t1} , I_{t1}).

7.2 Leakage current measurement

The leakage current of a DUT shall be measured prior to and immediately after application of any TLP pulse.

7.3 Leakage test voltage

The leakage test shall be applied in a voltage range that does not damage the device or induce DUT leakage. The safe operating area of the DUT is typically less than or equal to 1,1X the technology native voltage or the maximum voltage level in the technology or product DUT specification.

7.4 Documentation

In the reporting documentation, the following information shall be recorded: I-V characteristics, pulse width, rise time, measurement window, failure voltage, failure current, maximum current, leakage test voltage, leakage current characteristic, and any failure criteria information that may apply.

Annex A (informative)

TLP design guidelines

A.1 Transmission line cable-based system

An important distinction in the transmission line pulse (TLP) test systems is the pulse source. The main components of a TLP system that utilizes a transmission line cable source include:

- a) oscilloscope (see Clause 4) fixed impedance charged transmission line;
- b) high voltage switch;
- c) high voltage power supply;
- d) isolation of the power supply from the charging line;
- e) method to trigger the switch;
- f) attenuator (see Clause 4);
- g) voltage and/or current probes (see Clause 4);
- h) method of connecting transmission line to the device under test (DUT);
- i) rise time filters (see Clause 4).

A.2 Commercial pulse source-based system

The main components of a TLP system that utilizes a commercial high-current pulse source include:

- a) oscilloscope (see Clause 4);
- b) commercial high-current pulse source;
- c) method to trigger the pulse;
- d) voltage and/or current probes (see Clause 4);
- e) method of connecting transmission line to the DUT.

A.3 TLP methods

A.3.1 TLP system classification

Different design methodologies exist in TLP systems. For this subclause, the methods will be defined and the distinction between them highlighted. There are four fundamental TLP methodologies:

- current source;
- time domain transmission (TDT);
- time domain reflection (TDR); and
- time domain reflection and transmission (TDRT).

These methods are summarized in Table A.1.

Table A.1 – TLP methodologies and parameters

Typical features	Method of transmission line pulsing (TLP)			
	Current Source	TDR	TDT	TDRT
Impedance (Ω)	500	50	50	100
Current (A)	5	10	10	10
Pulse width, FWHM	50 ns to 1 μ s	greater than 1 ns	less than 2 ns	less than 2 ns
Rise Time, T_r	less than 3 ns, less than FWHM	less than 200 ps, less than FWHM	less than 200 ps, less than FWHM	less than 200 ps, less than FWHM
Reflections	Slight	Yes	Yes	Yes
Reflection polarity	N/A	Bipolar	Bipolar	Unipolar
Attenuation recommendation	No	Yes	Yes	Yes
Two-channel oscilloscope	Yes	No	No	Yes
Reference pulse required	No	Yes (see A.3.3)	Yes	Yes

A.3.2 Current source TLP method

The current source TLP method is shown in Figure A.1. In this method, there is a 500 Ω impedance in series with the DUT and a termination. A two-channel oscilloscope is used with a current probe (to measure current through the DUT) and voltage probe (in parallel with the DUT to measure DUT voltage). The current is typically limited to 5 A. Only minor reflections are observed and no reference pulse is required.

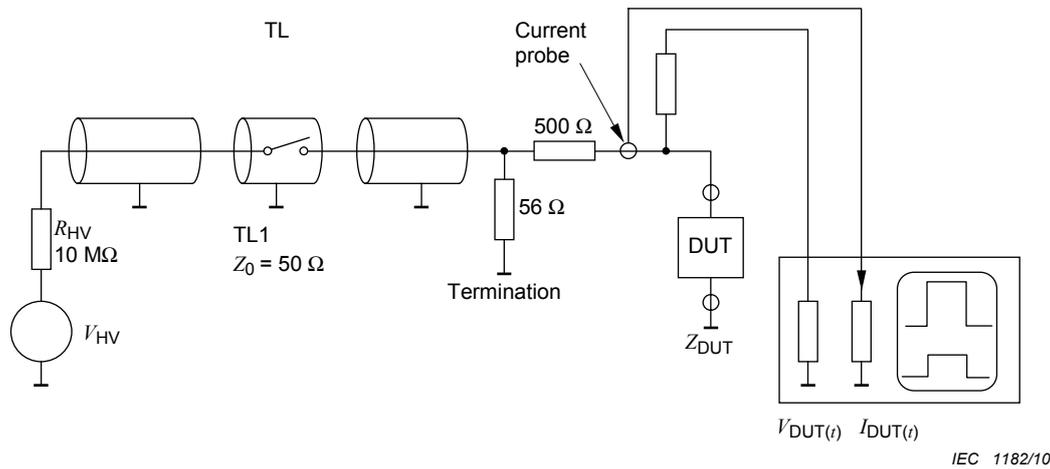


Figure A.1 – Current source TLP method

A.3.3 Time domain reflectometer (TDR) TLP method

Figure A.2 shows the time domain reflectometer (TDR) TLP method with attenuator for reflected stress pulses. This method is a 50 Ω impedance system. Multiple reflection pulses typically occur and shall be attenuated or reduced (by placing an attenuator in series with the DUT). The current is typically limited to 10 A. A single-channel oscilloscope is used with a voltage probe (in parallel with the DUT) to measure device voltage. A reference pulse is required if the reflected pulse overlaps the initial TLP pulse. Figure A.3 illustrates a TDR system using a balun (transformer that isolates the input from the output) and wafer probe.

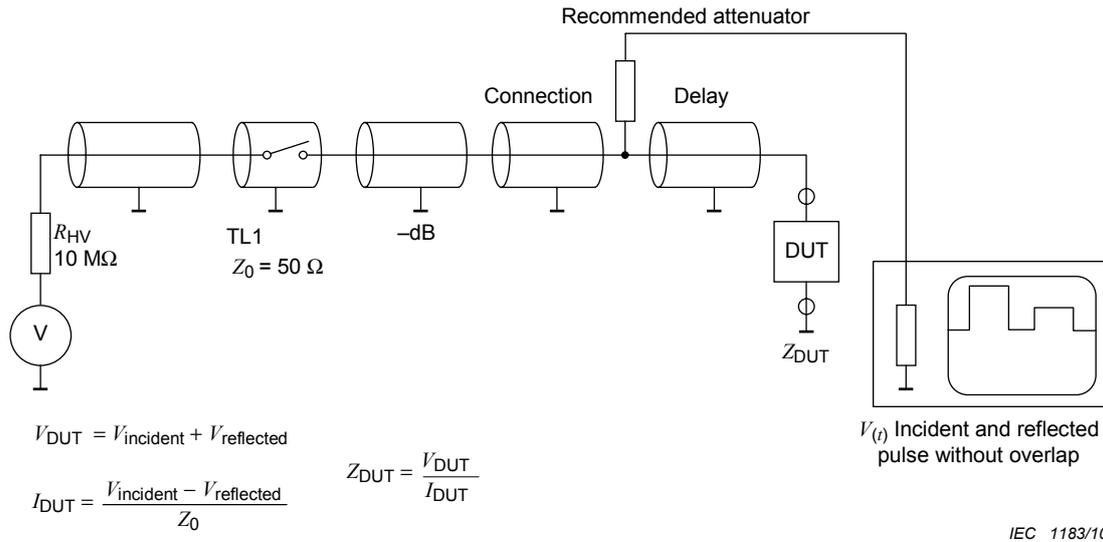


Figure A.2 – Time domain reflectometer (TDR) TLP

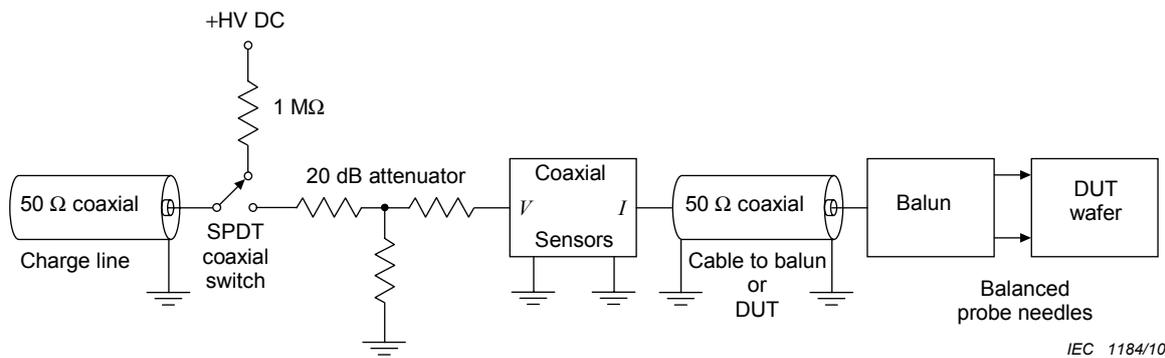


Figure A.3 – Time domain reflectometer (TDR) TLP (with balun and wafer probe)

A.3.4 Time domain transmission (TDT) TLP method

Figure A.4 shows the time domain transmission (TDT) TLP method without attenuation. This method is a 50 Ω impedance system. Multiple reflections typically occur; however no series attenuator is required. The current is typically limited to 10 A. A single-channel oscilloscope is used with a voltage probe (in parallel with the DUT) to measure device voltage. A reference pulse is required. The variable “a” is the attenuation factor ($V_{DUT} = a V$).

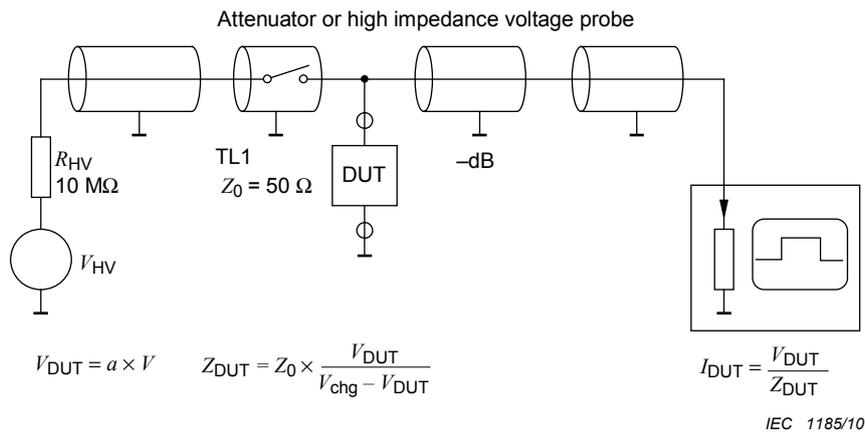


Figure A.4 – Time domain transmission (TDT) TLP

A.3.5 Time domain reflection and transmission (TDRT) TLP method

Figure A.5 shows the time domain reflection and transmission (TDRT) TLP method. This method is a 100 Ω impedance system. Multiple reflections typically occur. The current is typically limited to 10 A. A two-channel oscilloscope is used with a termination and voltage probe (in parallel with the DUT to measure device voltage). A reference pulse is required. The variable “a” is the attenuation factor.

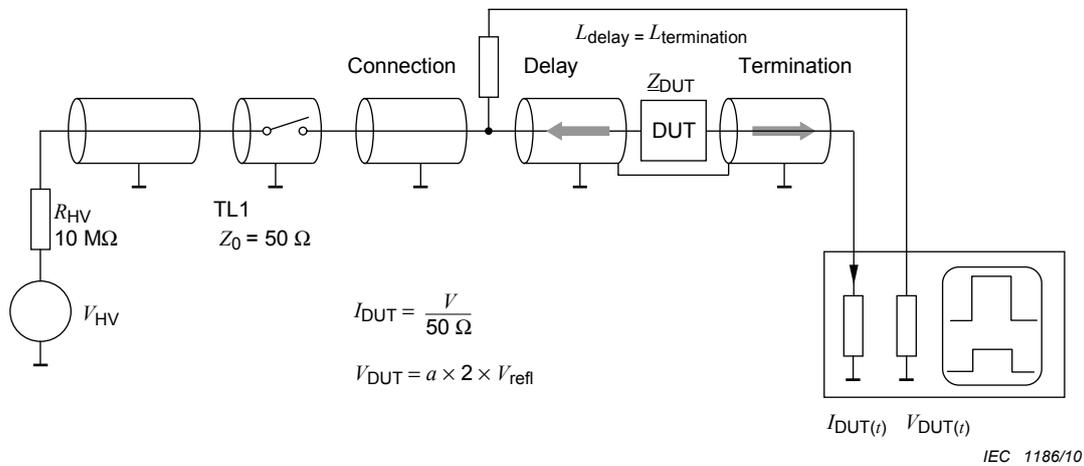


Figure A.5 – Time domain reflection and transmission

A.4 TLP test system influences

A.4.1 TLP test system influences – general

TLP test systems are influenced by the following:

- a) oscilloscope bandwidth;
- b) attenuators;
- c) element mismatch;
- d) probe bandwidth and response;
- e) TLP system fixtures;
- f) reflections.

TLP test influences are discussed through the use of extended discussion in a technical report and round robin analysis.

A.4.2 Oscilloscope bandwidth

Fundamental TLP I-V plots only require a oscilloscope sampling rate sufficient to capture enough data points in the measurement window and insure accuracy. A 5 giga-sample per second, 500 MHz oscilloscope is sufficient for most applications because it provides 100 data points in a 20 ns measurement window.

A.4.3 Attenuators

In a TDT system, attenuators can be used to reduce signal amplitude to the oscilloscope and play a role in the matching characteristics of the TLP system by absorbing reflections when using a non-50 Ω oscilloscope input. For a 50 Ω characteristic impedance transmission line system, a 50 Ω impedance attenuator absorbs reflections. In a TDR TLP system, attenuators are used in series with the DUT to avoid damaging the DUT.

A.4.4 Element mismatch

Non-ideal matching of electrical components in a TLP system can introduce reflections and mismatch loss. Loss from reflections is minimized by matching the impedance at all port intersections. Matching all components with the characteristic impedance of the transmission line (e.g., 50 Ω) allows for the transfer of maximum pulse energy between ports. Resistive matching networks (e.g., 2 element L-match or 3 element T-match) can be added to the TLP system to improve the matching at terminal-to-terminal boundaries and to minimize reflection losses.

A.4.5 Probe bandwidth and response

In a current source TLP system, probes are used to capture the DUT voltage and current signals. Current probes are placed around the signal line between the charged transmission line (or pulse source) and the DUT. Voltage probes are connected to the positive side of the DUT. The probes are then connected to the oscilloscope. The bandwidth of the all probes shall be such that the probe cut off frequency is at least 3X the oscilloscope cut off frequency.

A.4.6 TLP system fixtures

TLP system fixtures shall be well matched to the TLP system impedance, thereby minimizing reflections from the fixture connections.

A.4.7 Reflections

An issue concerning the correlation between the different TLP methods is the elimination or attenuation of reflections resulting in additional DUT stress. Only the Current Source TLP and the TLP-50 Ω TDR systems are properly terminated with 50 Ω . All other configurations produce reflections at the DUT. Reflections are a function of the matching conditions, pulse amplitude, and the DUT impedance. The severity of reflections is also a dependent on DUT failure susceptibility.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ESSAI DE SENSIBILITÉ AUX DÉCHARGES ÉLECTROSTATIQUES –
IMPULSION DE LIGNE DE TRANSMISSION (TLP) –
NIVEAU COMPOSANT**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62615 a été établie par le comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Cette première édition est basée sur un document ANSI/ESDA, ANSI/ESD STM5.5.1-2008.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/2046/FDIS	47/2056/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

Les essais d'impulsions de ligne de transmission (TLP)¹ suscitent un intérêt croissant dans le domaine des essais des composants électroniques de l'industrie des semiconducteurs. Les techniques d'essai TLP sont utilisées pour le développement de processus à semiconducteurs et la conception de dispositifs et de circuits. Cette technique ou pratique est utilisée sur des produits à la fois au niveau des tranches et des environnements emballés. Les essais TLP sont utilisés comme outil de caractérisation des décharges électrostatiques (DES) pour obtenir des paramètres de caractérisation des impulsions de tension ou de courant, des niveaux de défaillance et des mesures des décharges électrostatiques. Aujourd'hui, la technique TLP est utilisée comme une mesure standard pour les dispositifs sensibles aux décharges électrostatiques. Le système TLP est à l'ingénieur spécialiste des décharges électrostatiques ce qu'est l'analyseur de paramètres à l'ingénieur spécialiste des semiconducteurs.

La majorité des systèmes TLP est conçue par des ingénieurs en laboratoire. Un certain nombre de systèmes TLP ont été commercialisés dans l'industrie. Les vendeurs de TLP, les fabricants de semiconducteurs et les clients avaient donc besoin de spécifications sur les TLP pour pouvoir comparer correctement les données. L'utilisation des données TLP pour la caractérisation des décharges électrostatiques, l'établissement de références technologiques et l'évaluation de la qualité des produits a entraîné un besoin croissant en méthodologies standards, en critères de défaillance et en moyens pour générer des comptes-rendus afin de permettre le dialogue entre les vendeurs, les fabricants et les clients de produits à semiconducteurs.

Le présent document définit la méthode d'essai standard utilisée aujourd'hui dans l'industrie des semiconducteurs pour les techniques et méthodes d'essai TLP dans les institutions industrielles mais aussi académiques (le présent document est destiné à être utilisé par des techniciens et des ingénieurs en électricité, des ingénieurs en processus et dispositifs à semiconducteurs, des ingénieurs en qualité et fiabilité DES et des concepteurs de circuits).

Le contexte du présent document est l'application de techniques TLP pour la caractérisation électrique de composants à semiconducteurs. Ces composants à semiconducteurs peuvent être des dispositifs simples, une pluralité de dispositifs, des circuits intégrés ou des puces à semiconducteurs. Cette méthodologie est applicable aux éléments actifs et aux éléments passifs. Cette méthode d'essai est applicable aux diodes, aux dispositifs à transistors MOSFET, aux transistors bipolaires, aux résistances, aux condensateurs, aux bobines, aux contacts, aux trous de liaison, aux fils d'interconnexion et aux composants associés.

¹ TLP = *Transmission line pulse*.

ESSAI DE SENSIBILITÉ AUX DÉCHARGES ÉLECTROSTATIQUES – IMPULSION DE LIGNE DE TRANSMISSION (TLP) – NIVEAU COMPOSANT

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme Internationale définit une méthode pour procéder aux essais d'impulsions pour évaluer la réponse tension-courant du composant en essai et pour considérer les paramètres de conception de protection pour le modèle du corps humain (HBM) des décharges électrostatiques (DES). Cette technique est connue sous le nom d'essai des impulsions de ligne de transmission (TLP).

Le présent document établit une méthodologie à la fois pour effectuer les essais et rapporter les informations sur les essais des impulsions de ligne de transmission (TLP). Le domaine d'application et le centre d'intérêt de ce document portent sur les méthodes d'essai TLP des composants à semiconducteurs.

Il convient que le présent document ne devienne pas une méthode alternative à une norme sur les essais HBM telle que la CEI 60749-26. Le but du document est d'établir des directives pour les méthodes TLP qui permettent l'extraction des paramètres du modèle HBM DES sur les dispositifs à semiconducteurs. Le présent document indique les mesures et procédures standards pour extraire correctement les paramètres du modèle HBM DES en utilisant les méthodes TLP.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60749-26: *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 26: Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) – Modèle du corps humain (HBM)*

CEI 60749-27, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 27: Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) – Modèle de la machine (MM)*

CEI 60749-28, *Dispositifs à semiconducteurs – Méthodes d'essais mécaniques et climatiques – Partie 28: Essai de sensibilité aux décharges électrostatiques (DES) – Modèle des dispositifs chargés par contact direct (DC-CDM)²*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

² A l'étude.

3.1

méthode de la source de courant

méthodologie TLP (parfois appelée méthode du courant constant) qui utilise une résistance de 500 Ω en série avec le dispositif en essai et mesure la tension et le courant au niveau du dispositif en essai

3.2

détérioration destructrice

détérioration qui entraîne un changement des caractéristiques ou des paramètres électriques de fonctionnement qui ne retrouvent pas leurs valeurs d'avant la contrainte

3.3

aire de sécurité (SOA)³

régime de courant et de tension dans lequel un dispositif fonctionne normalement sans dégradation

3.4

second claquage

condition dans laquelle un état de résistance négative se produit dans un dispositif en raison de traitements thermiques

NOTE Cette condition est désignée comme le point de déclenchement de la tension V_{t2} et le courant I_{t2} que l'on observe généralement après un claquage électrique (par exemple V_{t1} , I_{t1})

3.5

instabilité thermique

condition dans laquelle un dispositif est dans un régime de résistance négative en raison de traitements thermiques

3.6

méthode du réflectomètre dans le domaine temporel (TDR)⁴

méthodologie TLP qui utilise un oscilloscope pour mesurer les ondes incidentes et réfléchies provenant du dispositif en essai (DUT)⁵

3.7

méthode de la transmission dans le domaine temporel (TDT)

méthodologie TLP qui utilise un oscilloscope pour mesurer l'onde transmise après l'application au dispositif en essai (DUT)

3.8

méthode de la réflexion et de la transmission dans le domaine temporel (TDRT)⁶

méthodologie TLP qui intègre à la fois les ondes transmises et réfléchies

3.9

impulsion de ligne de transmission (TLP)

impulsion de courant rectangulaire formée en déchargeant un câble de ligne de transmission chargé

³ SOA = *safe operation area*.

⁴ TDR = *time domain reflectometer*.

⁵ DUT = *device under test*.

⁶ TDRT = *time domain transmission and reflection*.

NOTE Dans le présent document, TLP se rapporte à n'importe quelle impulsion rectangulaire formée par n'importe quelle source d'impulsions

3.10

système d'essai d'impulsions de ligne de transmission

système d'essai qui applique une impulsion rectangulaire à un dispositif en essai et permet la mesure des caractéristiques électriques pendant un état pulsé

NOTE Le système mesure typiquement le courant qui traverse le dispositif et la tension aux bornes du dispositif, ainsi que le courant de fuite après l'application d'une impulsion TLP

4 Appareillage d'essai

4.1 Généralités

Les systèmes d'impulsions de ligne de transmission (TLP) utilisent différents équipements, différentes configurations et différentes méthodologies pour extraire les caractéristiques de courant et de tension d'un dispositif. La conception et la configuration d'un système TLP sont présentées dans l'Annexe A.

Tous les équipements dans le système d'essai doivent pouvoir supporter le courant maximal pour la plus grande largeur d'impulsion appliquée. En outre, tous les équipements doivent supporter la tension de charge initiale maximale (y compris la tension réfléchie) observée dans le système d'essai. Les sondes de courant et de tension ne doivent pas saturer ni tomber en panne pendant un essai TLP.

4.2 Oscilloscope

Exigences sur l'oscilloscope:

- a) largeur de bande minimale en mode "mono-coup" 500 MHz

4.3 Sonde de tension

Exigences sur la sonde de tension:

- a) largeur de bande minimale 200 MHz.
- b) doit être capable de supporter une tension maximale deux fois supérieure à la tension maximale en circuit ouvert (par exemple, deux fois la tension de pré-charge) sans détérioration électrique.

4.4 Sonde de courant

Exigences sur la sonde de courant:

- a) largeur de bande minimale: 1 GHz.
- b) ne doit pas saturer avec le courant maximal d'essai TLP et/ou la largeur d'impulsion maximale

4.5 Ligne de transmission

Exigences sur la ligne de transmission:

- a) doit être capable de supporter le courant maximal pour la plus grande largeur d'impulsion de l'essai TLP sans détérioration électrique.
- b) doit être capable de supporter la tension maximale d'essai TLP observée (tension de charge initiale et tension réfléchie combinées) sans détérioration électrique.

4.6 Alimentation haute tension

Exigences sur l'alimentation haute tension:

- a) doit pouvoir délivrer les niveaux de tension d'essai TLP nécessaires à l'évaluation du dispositif en essai.
- b) doit être capable de supporter la tension maximale d'essai TLP observée (tension de charge initiale et tension réfléchie combinées) sans détérioration électrique.

4.7 Commutateur haute tension

Exigences sur le commutateur haute tension:

- a) doit être capable de supporter le courant maximal pour la plus grande largeur d'impulsion de l'essai TLP sans détérioration électrique.
- b) doit être capable de supporter la tension maximale d'essai TLP observée (tension de charge initiale et tension réfléchie combinées) sans détérioration électrique.

4.8 Atténuateur

Exigences sur l'atténuateur:

- a) doit être capable de supporter le courant maximal pour la plus grande largeur d'impulsion de l'essai TLP sans détérioration électrique.
- b) doit être capable de supporter la tension maximale d'essai TLP observée (tension de charge initiale et tension réfléchie combinées) sans détérioration électrique.

4.9 Filtre de temps de montée

Exigences sur le filtre de temps de montée:

- a) doit être capable de supporter le courant maximal pour la plus grande largeur d'impulsion de l'essai TLP sans détérioration électrique.
- b) doit être capable de supporter la tension maximale d'essai TLP observée (tension de charge initiale et tension réfléchie combinées) sans détérioration électrique.

5 Paramètres de forme d'onde des impulsions TLP

5.1 Caractéristiques des impulsions

Ce paragraphe décrit les caractéristiques des impulsions pour des conditions de charge spécifiées. Le Tableau 1 résume ces caractéristiques d'impulsions.

Tableau 1 – Paramètres des impulsions de courant et de tension des impulsions TLP

Paramètres des impulsions TLP (Conditions de tension et de courant)	Valeur typique	Condition de charge
Largeur des impulsions de courant	100 ns	Court-circuit
Temps de montée de la tension	0,2 à 10 ns	Circuit ouvert
Temps de montée du courant	0,2 à 10 ns	Court-circuit
Temps de descente	Supérieur ou égal au temps de montée	Sans objet
Dépassement maximal de la tension de crête	20% du plateau	Circuit ouvert
Durée maximale d'oscillation de la tension	25 % de la largeur d'impulsion	Circuit ouvert
Dépassement maximal du courant de crête	20 % du plateau	Court-circuit
Durée maximale d'oscillation du courant	25 % de la largeur d'impulsion	Court-circuit

Paramètres des impulsions TLP (Conditions de tension et de courant)	Valeur typique	Condition de charge
Fenêtre temporelle de mesure	10 % à 95 % de la largeur d'impulsion	Sans objet

5.2 Plateau d'impulsions

Le plateau d'impulsions est la valeur maximale moyennée dans le temps des impulsions.

5.3 Largeur d'impulsion

La largeur d'impulsion est définie comme la largeur à mi hauteur. La largeur d'impulsion TLP la plus communément utilisée est 100 ns (voir Figure 1).

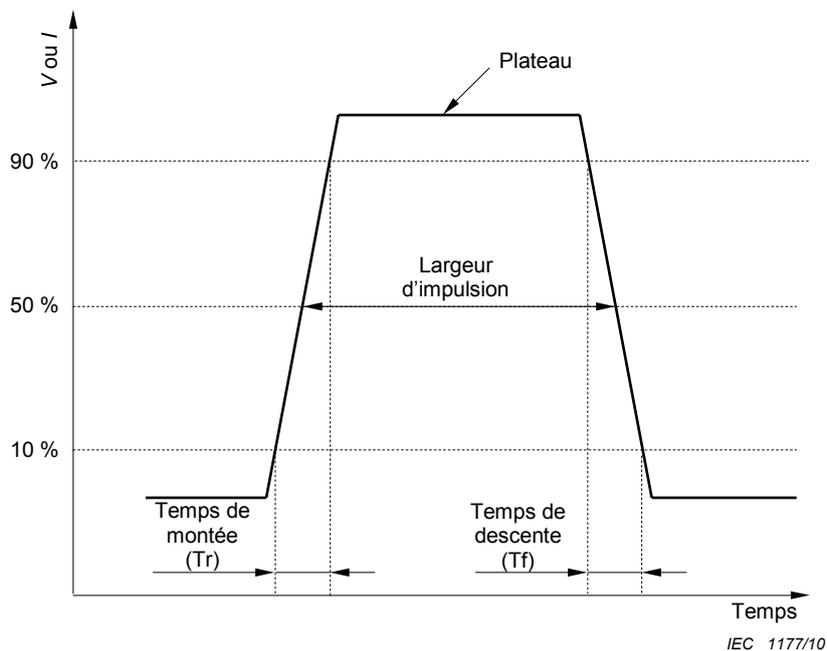


Figure 1 – Illustration des paramètres des formes d'ondes TLP pour la largeur d'impulsion, le temps de montée et le temps de descente (paramètres uniquement applicables aux formes d'onde de tension et de courant de TLP)

5.4 Temps de montée

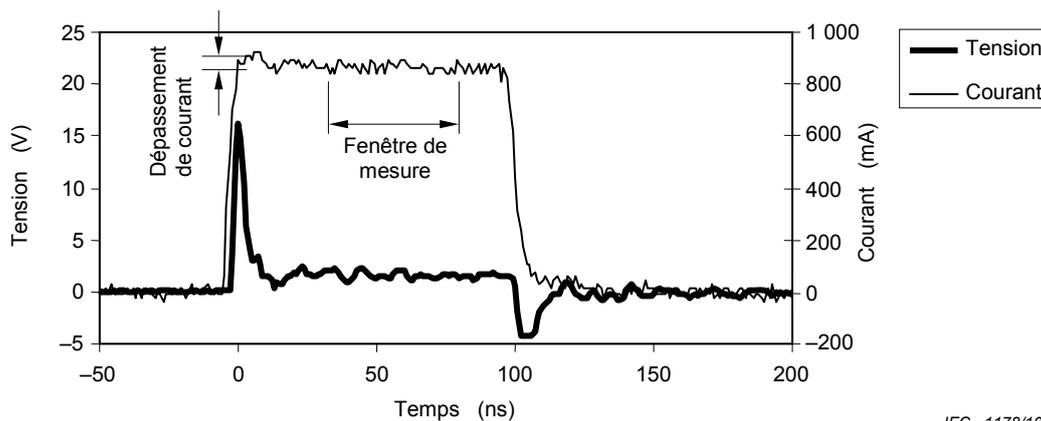
Le temps de montée est défini comme le temps nécessaire pour que la tension ou le courant passe de 10 % à 90 % du plateau d'impulsions (voir Figure 1). Les systèmes TLP ont un temps de montée typique inférieur à 10 ns.

5.5 Temps de descente

Le temps de descente est défini comme le temps nécessaire pour que la tension ou le courant passe de 90 % à 10 % du plateau d'impulsions (voir Figure 1). Le temps de descente doit être supérieur ou égal au temps de montée. Quand une source d'impulsions autre qu'une ligne de transmission chargée est utilisée pour la génération d'impulsions, il est recommandé que le temps de descente soit égal au temps de montée.

5.6 Dépassement maximal du courant de crête

Le dépassement maximal du courant de crête est défini comme l'amplitude du courant de crête de dépassement (dans un court-circuit) sur le plateau de courant de l'impulsion mesurée (voir Figure 2). Il convient qu'il soit inférieur à 20 % du courant de plateau.



IEC 1178/10

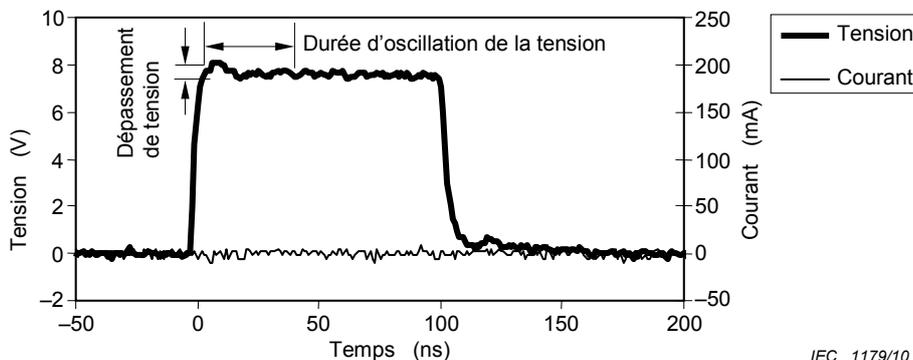
Figure 2 – Illustration du dépassement maximal du courant de crête

5.7 Durée maximale d'oscillation du courant

La durée maximale d'oscillation du courant est définie comme la période de temps entre le début de l'impulsion de courant et l'instant auquel l'oscillation atteint moins de 5 % de l'amplitude du courant de plateau. La durée maximale d'oscillation doit être inférieure à 25 % de la largeur d'impulsion. Par exemple, une impulsion TLP de 100 ns doit être une durée maximale d'oscillation inférieure à 25 ns.

5.8 Dépassement maximal de la tension de crête

Le dépassement maximal de la tension de crête est défini comme l'amplitude de la tension de crête de dépassement sur le plateau de tension de l'impulsion mesurée (voir Figure 3). Il doit être inférieur à 20 % de l'amplitude de la tension de plateau.



IEC 1179/10

Figure 3 – Illustration du dépassement maximal de la tension de crête

5.9 Durée maximale d'oscillation de la tension

La durée maximale d'oscillation de la tension est définie comme la durée entre l'instant où la tension dépasse pour la première fois la tension de plateau et l'instant où elle revient à moins de 5 % de la tension de plateau. La durée maximale d'oscillation doit être inférieure à 25 % de la largeur d'impulsion. Par exemple, il convient qu'une impulsion TLP de 100 ns ait une durée d'oscillation maximale inférieure à 25 ns.

5.10 Fenêtre de mesure

La fenêtre de mesure est la plage de temps à l'intérieur de la largeur d'impulsion où la tension et le courant du dispositif en essai (DUT) sont mesurés. La longueur de la fenêtre de mesure

doit être supérieure à 10 % de la largeur d'impulsion pour obtenir une précision correcte en moyennant de nombreux points de données.

6 Procédures et exigences d'essai

6.1 Correction d'erreurs

Il est important d'ajuster les mesures de courant et de tension pour retirer les caractéristiques non-idéales et inévitables du système telles que la résistance du système, les résistances de contact et la résistance parallèle. Une vérification périodique en utilisant des composants simples et dont les propriétés sont connues garantie des mesures précises.

6.2 Méthodologie de correction d'erreurs d'un contrôleur

6.2.1 Méthodologie générale

Suivre la méthodologie de correction d'erreurs, y compris les mesures en court-circuit et en circuit ouvert, au moins une fois par poste ou lorsque l'équipement est modifié ou changé. On peut allonger la durée des périodes entre les étapes de correction d'erreurs si on n'observe aucun changement des facteurs de correction d'erreurs sur plusieurs contrôles consécutifs. On crée un ensemble distinct de valeurs d'ajustement pour chaque temps de montée des impulsions d'essai ou chaque configuration des câbles et des sondes utilisés pour collecter les données du dispositif. Les ajustements obtenus à partir des mesures en court-circuit et en circuit ouvert peuvent être appliqués aux données dans le logiciel du système d'exploitation, pendant le post-traitement, à l'aide d'un tableur ou de tout autre logiciel d'analyse des données ou cela peut être effectué manuellement. Pour assurer des résultats précis, il convient d'effectuer toutes les mesures sur des instruments de mesure correctement étalonnés.

6.2.2 Méthodologie des courts-circuits pour la correction d'erreurs

Les mesures par un court-circuit permettent de corriger la résistance du système et les résistances de contact.

Réaliser un court-circuit électrique à l'extrémité des connexions ou des aiguilles d'essai du dispositif en essai. Dans le cas de sondes de tranches, le fait de placer les aiguilles des sondes sur un métal propre de basse résistance peut être considéré comme un bon court-circuit électrique. Il convient de réaliser le court-circuit avec le même type de matériau que celui utilisé pendant les mesures ou la vérification du dispositif et il convient de vérifier le court-circuit par des techniques de mesure faible résistance standards avec une précision de 1 m Ω .

Effectuer un essai TLP (voir 6.4 pour la procédure d'essai) avec au moins 5 points réglés sur le courant maximal. Si la pente d'une ligne passant par les points d'essai n'est pas 0 Ω , la valeur de la pente de la droite V/I (Ω) représente la valeur d'ajustement interne et il convient de l'utiliser pour corriger les données d'essai I-V du dispositif en essai.

Enregistrer les valeurs de V et de I mesurées comme référence et utiliser ces valeurs jusqu'à la prochaine correction d'erreurs en court-circuit.

Pour obtenir une meilleure précision, utiliser une plage de tracé I-V de ± 1 V avec la plage de courant réglée sur la valeur la plus élevée utilisée dans le système TLP.

6.2.3 Méthodologie des circuits ouverts pour la correction d'erreurs

Les mesures par un circuit ouvert permettent de corriger les contributions de la résistance parallèle.

Réaliser un circuit ouvert à l'extrémité des connexions d'essai du dispositif pour un contrôleur de support. Pour les sondes de tranches, le fait de déconnecter les aiguilles des sondes du court-circuit donnera un circuit ouvert optimal.

Effectuer un essai TLP (voir 6.4 pour la procédure d'essai) avec au moins 5 points réglés sur la tension maximale. Si la pente d'une ligne passant par les points d'essai n'est pas infinie, la valeur de la pente de la droite représente la valeur d'ajustement interne et il convient de l'utiliser pour corriger les données d'essai I-V du dispositif en essai.

Enregistrer les valeurs de V et de I mesurées comme référence et utiliser ces valeurs jusqu'à la prochaine correction d'erreurs en circuit ouvert.

Pour obtenir une meilleure précision, utiliser une plage de tracé I-V de ± 10 mA avec la plage de tension réglée sur la valeur la plus élevée utilisée pour procéder à l'essai du dispositif.

NOTE Typiquement, les pertes des sondes de courant injectent 1Ω dans le fil transportant le courant, et donc la correction V/I totale sera supérieure à 1Ω . Les fils d'essai TLP connectant une station de sondes de tranches peuvent ajouter 1Ω supplémentaire à la correction des erreurs V/I. Par conséquent, la correction des erreurs V/I peut être environ 1Ω pour les essais de supports et 1Ω à 2Ω pour les essais de tranches. Sauf si une sonde de tension dont la résistance est inférieure donne des pertes parallèles supérieures, la correction des erreurs I/V variera entre $10 \text{ k}\Omega$ et $100 \text{ k}\Omega$.

6.3 Méthodologie de vérification du contrôleur

Il convient de vérifier régulièrement et avant d'utiliser le système la précision du système d'essai TLP pour réduire au minimum les erreurs de mesure. La procédure et la méthodologie de vérification dépendent de la méthode TLP utilisée. La vérification est effectuée en utilisant à la fois une diode Zener et une résistance. La diode Zener est utilisée pour vérifier l'erreur de tension du système. Une fois l'erreur de tension connue, une résistance est utilisée pour vérifier l'erreur de courant du système.

- a) Choisir une diode Zener. Mesurer la tension de claquage continue de polarisation inverse
- b) Effectuer un essai TLP de polarisation inverse (voir 6.4) sur la diode Zener à une tension supérieure à la tension de claquage de polarisation inverse de la diode Zener. Comparer la tension de claquage continue et la TLP
- c) Choisir une résistance dont la valeur est comparable à la résistance du dispositif en essai (les résistances des dispositifs en essai typiques sont comprises entre 1 et 50Ω). Mesurer la résistance à moins de $10 \text{ m}\Omega$. Une technique à quatre fils (technique de Kelvin) supprime la résistance de contact de la mesure. Pour un système à support, insérer la résistance dans le support d'essai. Pour un système de sondage de tranche, placer les aiguilles des sondes sur les bornes électriques de l'élément de résistance
- d) Effectuer une mesure I-V TLP (voir 6.4 pour la procédure d'essai). Il convient de choisir le nombre d'échelons de tension pour réduire au minimum l'erreur de mesure en fonction de la pente de la droite de la résistance moyenne. Utiliser les résultats des corrections d'erreurs V/I et I/V pour corriger la résistance du système, les résistances de contact et la résistance parallèle.
- e) Une fois l'essai terminé, calculer le rapport V/I (par exemple, la pente). Comparer la résistance calculée et la résistance en courant continu mesurée. La différence est une mesure de la quantité d'erreur dans la résistance TLP mesurée. Si la tension mesurée est précise (par exemple, basé sur la mesure de la diode Zener), on peut déterminer la précision de la mesure du courant en comparant le courant mesuré et le courant calculé. Ceci est basé sur la tension mesurée divisée par la valeur de la résistance connue.
- f) Mesurer la résistance pour chaque temps de montée et configuration de câble à utiliser. La précision doit être approximativement la même pour chaque mesure.

6.4 Procédure d'essais TLP

La procédure d'essai TLP utilise une série d'amplitudes d'impulsions croissantes pour caractériser ou procéder à l'essai d'un dispositif, d'un circuit discret ou d'une structure d'essai.

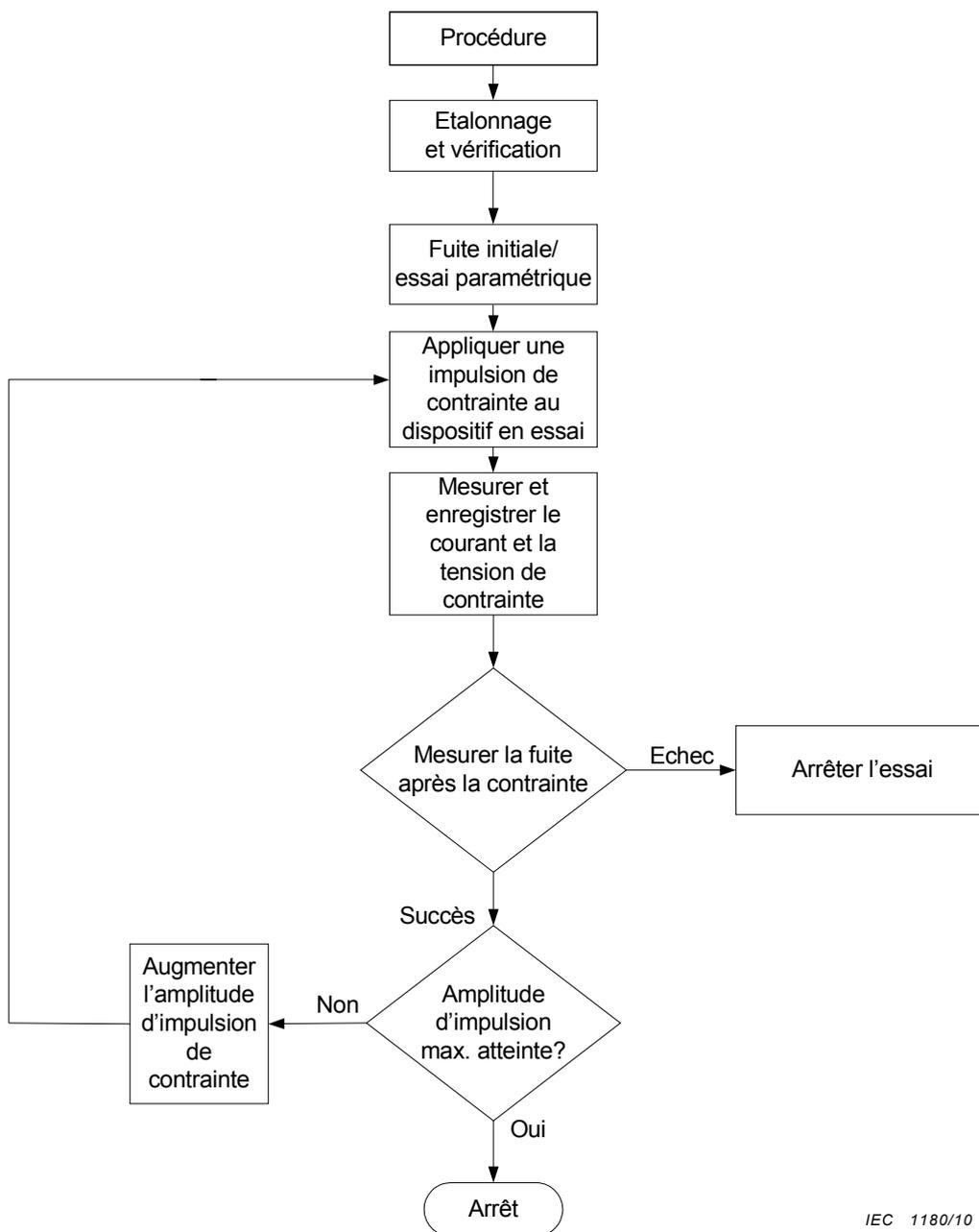
Cette procédure d'essai est décrite ci-dessous et illustrée dans l'organigramme d'essai de la Figure 4.

- a) Sélectionner un niveau d'essai approprié, incluant la largeur d'impulsion, l'amplitude et la polarité.
- b) Sélectionner des incréments de taille d'échelon
- c) Pour garantir la répétabilité et l'intégrité des mesures, il convient de procéder à l'essai de trois dispositifs au minimum
- d) Il convient d'utiliser un temps minimum entre des impulsions d'échelon successives de 0,3 secondes pour permettre le refroidissement du dispositif en essai pendant l'essai TLP.
- e) Définir les critères de défaillance et réaliser une mesure du courant de fuite initial (référence) sur le dispositif en essai (voir l'Article 7)
- f) Appliquer une impulsion de contrainte de largeur fixe (selon Point a) ci-dessus) au dispositif en essai. Il convient de commencer l'essai TLP au plus bas niveau d'intérêt souhaité et de l'augmenter en utilisant la contrainte d'échelon définie
- g) Mesurer et enregistrer le courant et la tension d'impulsion de la contrainte. Cette mesure représentera un point I-V sur la courbe I-V du dispositif en essai
- h) Effectuer une mesure de fuite après la contrainte sur le dispositif en essai. Si le dispositif échoue (comme cela est défini à l'Article 7), l'essai est terminé.

NOTE Un analyseur paramétrique à semiconducteur simple peut être utilisé pour mesurer des fuites de structures d'essai discrètes, mais il peut ne pas être suffisant pour mesurer des fuites de tous les types de circuit et de structures complexes. L'évaluation peut nécessiter un préconditionnement ou des états sous tension.

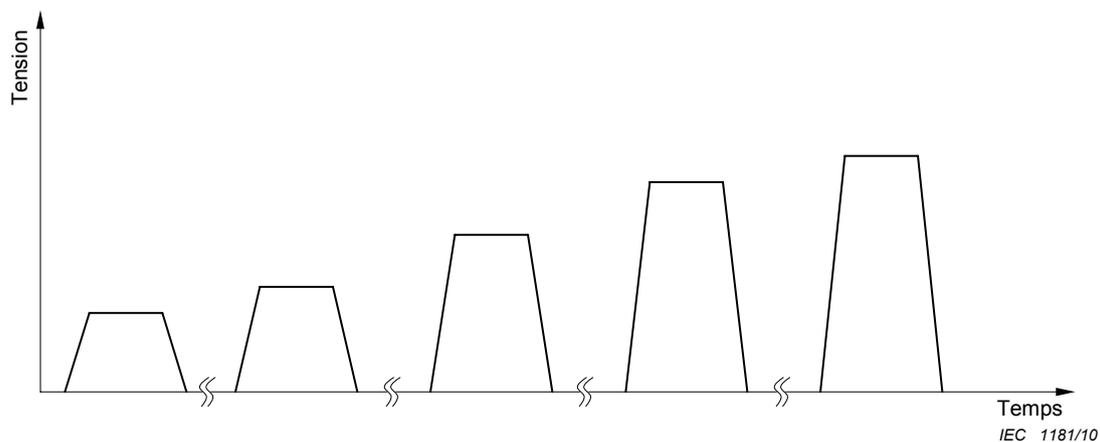
- i) Si le dispositif passe l'essai avec succès (comme cela est défini dans les critères de défaillance de l'Article 7), augmenter l'amplitude des impulsions au niveau souhaité suivant et répéter les étapes 6.4 f) à h) jusqu'à ce que l'amplitude d'impulsion souhaitée maximale soit atteinte. Ceci produira une série d'impulsions comme cela est représenté à la Figure 5. Pour réduire au minimum l'erreur de mesure, il est nécessaire de régler la taille d'échelon souhaitée sur des amplitudes cohérentes à la réponse de la structure d'essai

NOTE En fonction de la configuration et des exigences du dispositif en essai, une polarisation supplémentaire peut être appliquée aux bornes du dispositif en essai pendant l'application de l'impulsion TLP. Des valeurs transitoires externes peuvent entraîner un déclenchement accidentel du dispositif en essai en présence de boucles de terre. Il convient d'éviter les boucles de terre.



IEC 1180/10

Figure 4 – Organigramme pour la procédure d'essai des composants TLP



IEC 1181/10

Figure 5 – Illustration d'une séquence d'impulsions TLP

7 Critères de défaillance

7.1 Informations générales sur les critères de défaillance

Les critères de défaillance dépendent de l'application et sont généralement associés à une augmentation du courant de fuite. Il convient de considérer comme défaillant tout dispositif ou circuit qui ne satisfait pas aux spécifications du dispositif ou du produit. (Voir CEI 60749-26, CEI 60749-27 et futur CEI 60749-28). Toute information importante doit être enregistrée.

NOTE 1 Des transitions dans les régions de résistance négative sur le tracé I-V des TLP accompagnées de fortes augmentations des conditions de fuite (par exemple, augmentation de 10X à 100 X) sont souvent associées à une détérioration du dispositif en essai. Cette transition peut être définie comme la tension de défaillance et le courant de défaillance. Des augmentations de fuite observées pendant des échelons TLP successifs qui entraînent des dérives des caractéristiques ou des spécifications du dispositif en essai peuvent être considérées comme la condition d'une défaillance du dispositif en essai. Des augmentations de fuite observées pendant un essai TLP qui n'entraînent pas de dérive par rapport aux spécifications du dispositif en essai ne doivent pas être considérées comme une défaillance du dispositif en essai. S'il n'y a pas de critère de défaillance ni de spécification du dispositif en essai, une défaillance du dispositif en essai peut être définie comme une augmentation par un facteur 10 du courant de fuite.

NOTE 2 Une détérioration destructrice est définie comme le niveau pour lequel les paramètres ou les caractéristiques électriques d'un dispositif en essai changent et ne reprennent pas les valeurs qu'ils avaient avant la contrainte. Des détériorations destructrices peuvent être visibles après une contrainte TLP. Les régions de résistance négative d'une caractéristique I-V d'une TLP n'indiquent pas nécessairement une détérioration destructrice. Par exemple, un second claquage est un état de résistance négative dans un dispositif dû à des traitements thermiques et qui peut indiquer le début d'un claquage destructif. Le point I-V auquel ceci se produit représente la tension et le courant de second claquage (V_{t2} , I_{t2}), observés après un claquage électrique (V_{t1} , I_{t1}).

7.2 Mesure du courant de fuite

Le courant de fuite d'un dispositif en essai doit être mesuré avant et immédiatement après l'application d'une impulsion TLP.

7.3 Tension d'essai de fuite

L'essai de fuite doit être appliqué sur une plage de tension qui n'endommage pas le dispositif ou n'entraîne pas de fuite du dispositif en essai. La région de fonctionnement sûr du dispositif en essai est typiquement inférieure ou égale à 1,1X la tension native de la technologie ou le niveau de tension maximale de la technologie ou de la spécification du produit en essai.

7.4 Documentation

Il convient d'enregistrer les informations suivantes dans les comptes-rendus: caractéristiques I-V, largeur d'impulsion, temps de montée, fenêtre de mesure, tension de défaillance, courant de défaillance, courant maximal, tension d'essai de fuite, caractéristique du courant de fuite et toutes les informations sur les critères de défaillance qui peuvent s'appliquer.

Annexe A (informative)

Directives de conception de TLP

A.1 Système basé sur un câble de ligne de transmission

Une distinction importante dans les systèmes d'essai d'impulsions de ligne de transmission (TLP) est la source d'impulsions. Les principaux composants d'un système TLP qui utilise une source de câble de ligne de transmission incluent:

- a) un oscilloscope (voir l'Article 4) ligne de transmission chargée à impédance fixe;
- b) un commutateur haute tension;
- c) une alimentation haute tension;
- d) une isolation de l'alimentation de la ligne de charge;
- e) une méthode pour déclencher le commutateur;
- f) un atténuateur (voir l'Article 4);
- g) des sondes de tension et/ou de courant (voir l'Article 4);
- h) des méthodes pour connecter la ligne de transmission au dispositif en essai (DUT);
- i) des filtres de temps de montée (voir l'Article 4).

A.2 Système basé sur une source d'impulsions commerciale

Les principaux composants d'un système TLP qui utilise une source d'impulsions à fort courant commerciale incluent:

- a) un oscilloscope (voir l'Article 4);
- b) une source d'impulsions à fort courant commerciale;
- c) une méthode pour déclencher l'impulsion;
- d) des sondes de tension et/ou de courant (voir l'Article 4);
- e) des méthodes pour connecter la ligne de transmission au dispositif en essai (DUT).

A.3 Méthodes TLP

A.3.1 Classification des systèmes TLP

Il existe différentes méthodologies de conception dans des systèmes TLP. Pour cette paragraphe, les méthodes seront définies et on indiquera les distinctions entre les méthodes. Il existe quatre méthodologies TLP fondamentales:

- la source de courant;
- la transmission dans le domaine temporel (TDT);
- la réflexion dans le domaine temporel (TDR); et
- la réflexion et la transmission dans le domaine temporel (TDRT).

Ces méthodes sont résumées dans le Tableau A.1.

Tableau A.1 – Méthodologies et paramètres TLP

Caractéristiques typique	Méthode d'impulsion de ligne de transmission (TLP)			
	Source de courant	TDR	TDT	TDRT
Impédance (Ω)	500	50	50	100
Courant (A)	5	10	10	10
Largeur d'impulsion, FWHM	50 ns à 1 μ s	supérieur à 1 ns	inférieur à 2 ns	inférieur à 2 ns
Temps de montée, Tr	inférieur à 3 ns, inférieur à FWHM	inférieur à 200 ps, inférieur à FWHM	inférieur à 200 ps, inférieur à FWHM	inférieur à 200 ps, inférieur à FWHM
Réflexions	Légères	Oui	Oui	Oui
Polarité de réflexion	Sans objet	Bipolaire	Bipolaire	Unipolaire
Recommandations sur l'affaiblissement	Non	Oui	Oui	Oui
Oscilloscope 2 voies	Oui	Non	Non	Oui
Impulsion de référence requise	Non	Oui (voir A.3.3)	Oui	Oui

A.3.2 Méthode TLP à source de courant

La méthode TLP à source de courant est représentée à la Figure A.1. Dans cette méthode une impédance de 500 Ω est placée en série avec le dispositif en essai et une terminaison. Un oscilloscope à deux voies est utilisé avec une sonde de courant (pour mesurer le courant traversant le dispositif en essai) et une sonde de tension (branchée en parallèle sur le dispositif en essai pour mesurer la tension du dispositif en essai). Le courant est généralement limité à 5 A. On observe uniquement des réflexions mineures et aucune impulsion de référence n'est exigée.

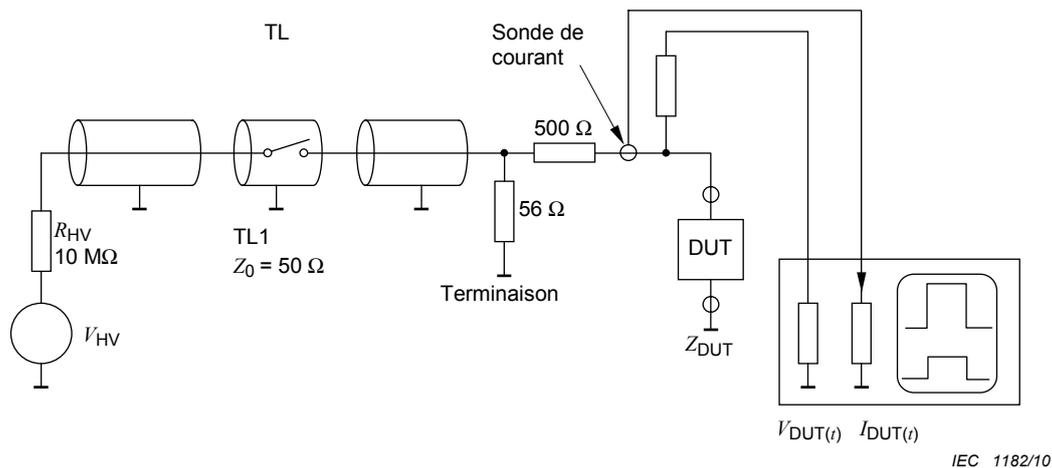


Figure A.1 – Méthode TLP à source de courant

A.3.3 Méthode TLP à réflectomètre dans le domaine temporel (TDR)

La Figure A.2 montre la méthode TLP à réflectomètre dans le domaine temporel (TDR) avec un atténuateur pour les impulsions de contrainte réfléchies. Cette méthode utilise un système d'impédance de 50 Ω . On rencontre généralement des impulsions de réflexion multiples et il convient de les atténuer ou de les réduire (en plaçant un atténuateur en série avec le dispositif en essai). Le courant est généralement limité à 10 A. Un oscilloscope à une voie est utilisé avec une sonde de tension (placée en parallèle sur le dispositif en essai) pour mesurer la tension du dispositif. Une impulsion de référence est requise si l'impulsion réfléchie

chevauche l'impulsion TLP initiale. La Figure A.3 illustre un système TDR utilisant un symétriseur (transformateur qui isole l'entrée de la sortie) et une sonde de tranche.

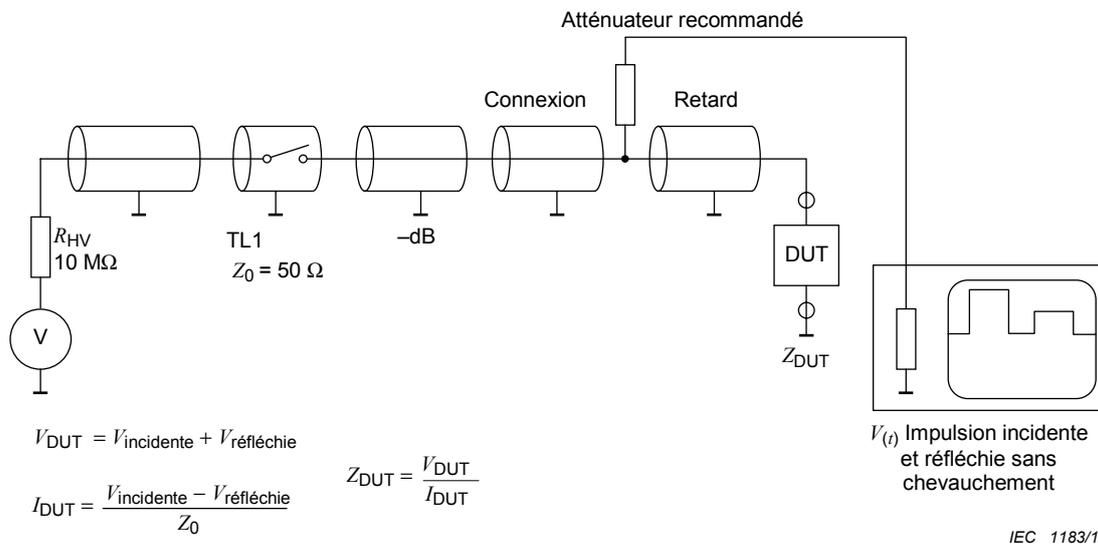


Figure A.2 – TLP à réflectomètre dans le domaine temporel (TDR)

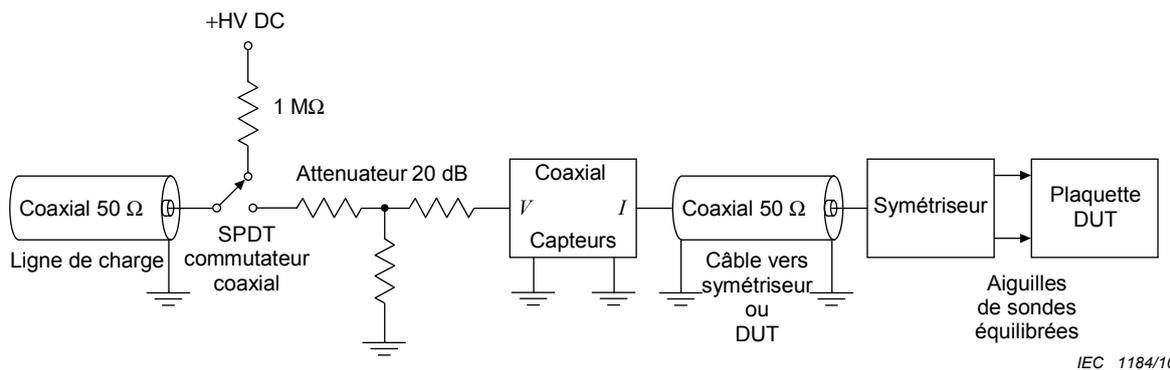


Figure A.3 – TLP à réflectomètre dans le domaine temporel (TDR) (avec symétriseur et sonde de tranche)

A.3.4 Méthode TLP de la transmission dans le domaine temporel (TDT)

La Figure A.4 représente la méthode TLP de la transmission dans le domaine temporel (TDT) sans atténuation. Cette méthode utilise un système d'impédance de 50 Ω . On rencontre généralement des réflexions multiples, toutefois un atténuateur en série n'est pas nécessaire. Le courant est généralement limité à 10 A. Un oscilloscope à une voie est utilisé avec une sonde de tension (placée en parallèle sur le dispositif en essai) pour mesurer la tension du dispositif. Une impulsion de référence est nécessaire. La variable «a» est le facteur d'affaiblissement ($V_{DUT} = a V$).

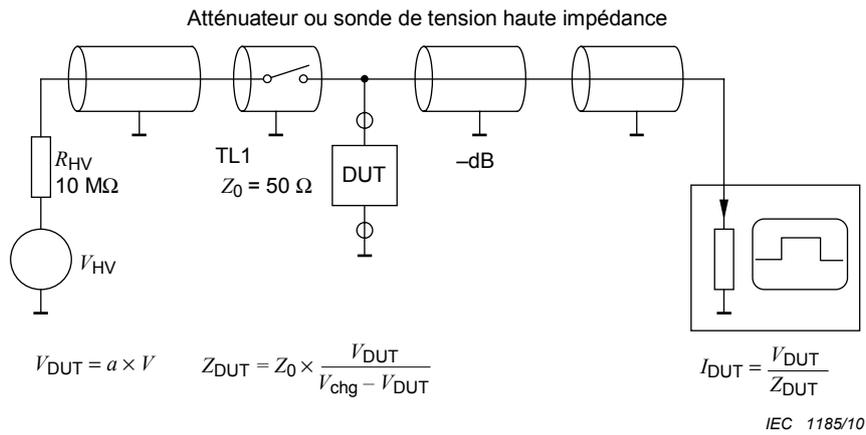


Figure A.4 – TLP à transmission dans le domaine temporel (TDT)

A.3.5 Méthode TLP de la réflexion et de la transmission dans le domaine temporel (TDRT)

La Figure A.5 représente la méthode TLP de la réflexion et de la transmission dans le domaine temporel (TDRT). Cette méthode utilise un système d'impédance de 100 Ω. On rencontre généralement des réflexions multiples. Le courant est généralement limité à 10 A. Un oscilloscope à deux voies est utilisé avec une terminaison et une sonde de tension (placée en parallèle sur le dispositif en essai) pour mesurer la tension du dispositif. Une impulsion de référence est nécessaire. La variable «a» est le facteur d'affaiblissement.

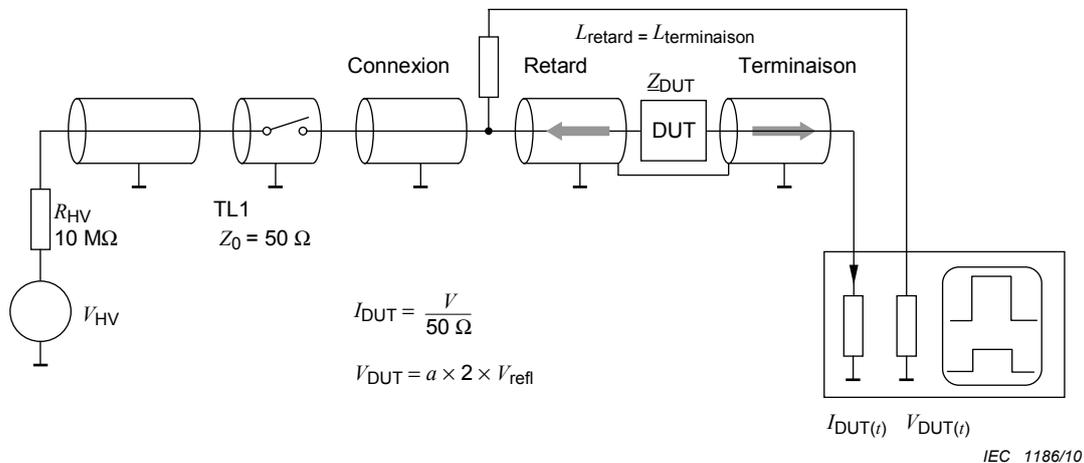


Figure A.5 – Réflexion et de la transmission dans le domaine temporel

A.4 Influences du système d'essai TLP

A.4.1 Influences du système d'essai TLP – généralités

Les systèmes d'essai TLP sont influencés par les éléments suivants:

- la bande passante de l'oscilloscope ;
- les atténuateurs;
- les éléments non adaptés;
- la réponse et la bande passante des sondes;
- les supports de montage des systèmes TLP;

f) les réflexions.

Les influences des essais TLP sont étudiées dans un rapport technique et une analyse circulaire.

A.4.2 Bande passante de l'oscilloscope

Les tracés I-V des TLP fondamentales nécessitent un taux d'échantillonnage de l'oscilloscope suffisant pour capturer suffisamment de points de données dans la fenêtre de mesure et pour garantir la précision. Un oscilloscope dont les caractéristiques sont 500 MHz et 5 milliards d'échantillons par seconde est suffisant pour la plupart des applications parce qu'il fournit 100 points de données dans une fenêtre de mesure de 20 ns.

A.4.3 Atténuateurs

Dans un système TDT, on peut utiliser des atténuateurs pour ramener l'amplitude du signal à celle de l'oscilloscope et pour adapter les caractéristiques du système TLP en absorbant les réflexions à l'aide d'une entrée d'oscilloscope différente de 50 Ω . Pour un système de ligne de transmission d'impédance caractéristique égale à 50 Ω , un atténuateur d'impédance de 50 Ω absorbe les réflexions. Dans un système TLP TDR, on utilise des atténuateurs en série avec le dispositif en essai pour éviter d'endommager le dispositif en essai.

A.4.4 Eléments non adaptés

Une adaptation non-idéale des composants électriques dans un système TLP peut introduire des réflexions et des pertes d'adaptation. Les pertes provenant des réflexions est réduite au minimum en adaptant l'impédance à toutes les intersections de ports. L'adaptation de tous les composants à l'impédance caractéristique de la ligne de transmission (par exemple, 50 Ω) permet le transfert de l'énergie maximale des impulsions entre les ports. Des réseaux d'adaptation résistifs (par exemple, adaptation en L de 2 éléments ou adaptation en T de 3 éléments) peuvent être ajoutés au système TLP pour améliorer l'adaptation aux frontières entre bornes et pour réduire au minimum les pertes par réflexion.

A.4.5 Réponse et bande passante des sondes

Dans un système TLP à source de courant, on utilise des sondes pour capturer les signaux de tension et de courant du dispositif en essai. On place des sondes de courant autour de la ligne de signal entre la ligne de transmission chargée (ou la source d'impulsions) et le dispositif en essai. Des sondes de tension sont connectées sur le côté positif du dispositif en essai. Les sondes sont alors connectées à l'oscilloscope. La bande passante de toutes les sondes doit être telle que la fréquence de coupure de la sonde soit au moins 3 fois supérieure à la fréquence de coupure de l'oscilloscope.

A.4.6 Supports de montage des systèmes TLP

Les fixations du système TLP doivent être bien adaptées à l'impédance du système TLP, pour réduire au minimum les réflexions des connexions des fixations.

A.4.7 Réflexions

Un problème lié à la corrélation entre les différentes méthodes TLP est l'élimination ou l'affaiblissement des réflexions qui apportent une contrainte supplémentaire du dispositif en essai. Seuls les systèmes TLP à source de courant et à TDR 50 Ω sont correctement terminés sur 50 Ω . Toute autre configuration génère des réflexions au niveau du dispositif en essai. Les réflexions sont fonction des conditions d'adaptation, de l'amplitude des impulsions et de l'impédance du dispositif en essai. La sévérité des réflexions dépend également de la sensibilité aux défaillances du dispositif en essai.

LICENSED TO MECON LIMITED - RANCHI/BANGALORE.
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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