

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Fibre optic communication subsystem test procedures –
Part 2-2: Digital systems – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio
measurement**

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication fibroniques –
Partie 2-2: Systèmes numériques – Mesure du diagramme de l'œil optique,
de la forme d'onde et du taux d'extinction**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61280-2-2:2012



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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



**Fibre optic communication subsystem test procedures –
Part 2-2: Digital systems – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio
measurement**

**Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication fibroniques –
Partie 2-2: Systèmes numériques – Mesure du diagramme de l'œil optique,
de la forme d'onde et du taux d'extinction**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.01

ISBN 978-2-8322-8794-1

**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	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Apparatus	7
4.1 General	7
4.2 Reference receiver definition	8
4.3 Time-domain optical detection system	8
4.3.1 Overview	8
4.3.2 Optical-to-electrical (O/E) converter	8
4.3.3 Linear-phase low-pass filter	9
4.3.4 Oscilloscope	9
4.4 Overall system response	10
4.5 Oscilloscope synchronization system	11
4.5.1 General	11
4.5.2 Triggering with a clean clock	11
4.5.3 Triggering using a recovered clock	12
4.5.4 Triggering directly on data	13
4.6 Pattern generator	13
4.7 Optical power meter	13
4.8 Optical attenuator	13
4.9 Test cord	13
5 Signal under test	14
6 Instrument set-up and device under test set-up	14
7 Measurement procedures	15
7.1 Overview	15
7.2 Extinction ratio measurement	15
7.2.1 Configure the test equipment	15
7.2.2 Measurement procedure	15
7.2.3 Extinction ratio calculation	16
7.3 Eye amplitude	17
7.4 Optical modulation amplitude (OMA) measurement using the square wave method	17
7.4.1 General	17
7.4.2 Oscilloscope triggering	17
7.4.3 Amplitude histogram, step 1	17
7.4.4 Amplitude histogram, step 2	17
7.4.5 Calculate OMA	17
7.5 Contrast ratio (for RZ signals)	18
7.6 Jitter measurements	18
7.7 Eye width	19
7.8 Duty cycle distortion (DCD)	19
7.9 Crossing percentage	20
7.10 Eye height	21
7.11 Q-factor/signal-to-noise ratio (SNR)	21
7.12 Rise time	21

7.13	Fall time	22
8	Eye-diagram analysis using a mask	23
8.1	Eye mask testing using the 'no hits' technique	23
8.2	Eye mask testing using the 'hit-ratio' technique	24
9	Test result	26
9.1	Required information	26
9.2	Available information	26
9.3	Specification information	26
	Bibliography	27
	Figure 1 – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio measurement configuration	8
	Figure 2 – Oscilloscope bandwidths commonly used in eye pattern measurements	10
	Figure 3 – PLL jitter transfer function and resulting observed jitter transfer function	12
	Figure 4 – Histograms centred in the central 20 % of the eye used to determine the mean logic one and 0 levels, b_1 and b_0	16
	Figure 5 – OMA measurement using the square wave method	18
	Figure 6 – Construction of the duty cycle distortion measurement	20
	Figure 7 – Construction of the crossing percentage measurement	21
	Figure 8 – Construction of the risetime measurement with no reference receiver filtering	22
	Figure 9 – Illustrations of several RZ eye-diagram parameters	23
	Figure 10 – Basic eye mask and coordinate system	24
	Figure 11 – Mask margins at different sample population sizes	26
	Table 1 – Frequency response characteristics	11

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM
TEST PROCEDURES –****Part 2-2: Digital systems – Optical eye pattern,
waveform and extinction ratio measurement**

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 61280-2-2 has been prepared by subcommittee 86C: Fibre optic systems and active devices, of IEC technical committee 86: Fibre optics.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2008 and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) additional definitions;
- b) clarification of test procedures.

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

CDV	Report on voting
86C/1043/CDV	86C/1074/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 61280 series, published under the general title *Fibre optic communication subsystem test procedures*, can be found on the IEC website.

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

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

The contents of the corrigendum of February 2015 have been included in this copy.

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.

FIBRE OPTIC COMMUNICATION SUBSYSTEM TEST PROCEDURES –

Part 2-2: Digital systems – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio measurement

1 Scope

The purpose of this part of IEC 61280 is to describe a test procedure to verify compliance with a predetermined waveform mask and to measure the eye pattern and waveform parameters such as rise time, fall time, modulation amplitude and extinction ratio.

2 Normative references

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

IEC 61280-2-3, *Fibre optic communication subsystem test procedures – Part 2-3: Digital systems – Jitter and wander measurements*

3 Terms and definitions

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

3.1

amplitude histogram

graphical means to display the power or voltage population distribution of a waveform

3.2

contrast ratio

ratio of the nominal peak amplitude to the nominal minimum amplitude of two adjacent logical '1's when using return-to-zero transmission

3.3

duty cycle distortion

DCD

measure of the balance of the time width of a logical 1 bit to the width of a logical 0 bit, indicated by the time between the eye diagram nominal rising edge at the average or 50 % level and the eye diagram nominal falling edge at the average or 50 % level

3.4

extinction ratio

ratio of the nominal 1 level to the nominal 0 level of the eye diagram

3.5

eye diagram

type of waveform display that exhibits the overall performance of a digital signal by superimposing all the acquired samples on a common time axis one unit interval in width

3.6**eye height**

difference between the 1 level, measured three standard deviation below the nominal 1 level of the eye diagram, and 0 level, measured three standard deviations above the nominal 0 level of the eye diagram

3.7**eye mask**

constellation of polygon shapes that define regions where the eye diagram may not exist, thereby effectively defining the allowable shape of the transmitter waveform

3.8**eye width**

time difference between the spread of the two crossing points of an eye diagram, each measured three standard deviations toward the centre of the eye from their nominal positions

3.9**jitter**

deviation of the logical transitions of a digital signal from their ideal positions in time manifested in the eye diagram as the time width or spread of the crossing point

3.10**observed jitter transfer function****OJTF**

ratio of the displayed or measured jitter relative to actual jitter, versus jitter frequency, when a test system is synchronized with a clock derived from the signal being measured

3.11**reference receiver**

description of the frequency and phase response of a test system, typically a fourth-order Bessel-Thomson low-pass, used to analyze transmitter waveforms with the intent of achieving consistent results whenever the test system complies with this expected response

3.12**signal-to-noise ratio****SNR**

similar to Q-factor, the ratio of the difference of the nominal 1 and 0 level of the eye diagram to the sum of the standard deviation of both the 1 level and the 0 level of the eye diagram

3.13**unit interval**

for the NRZ signal, the unit interval is one bit period or the inverse of the signalling rate

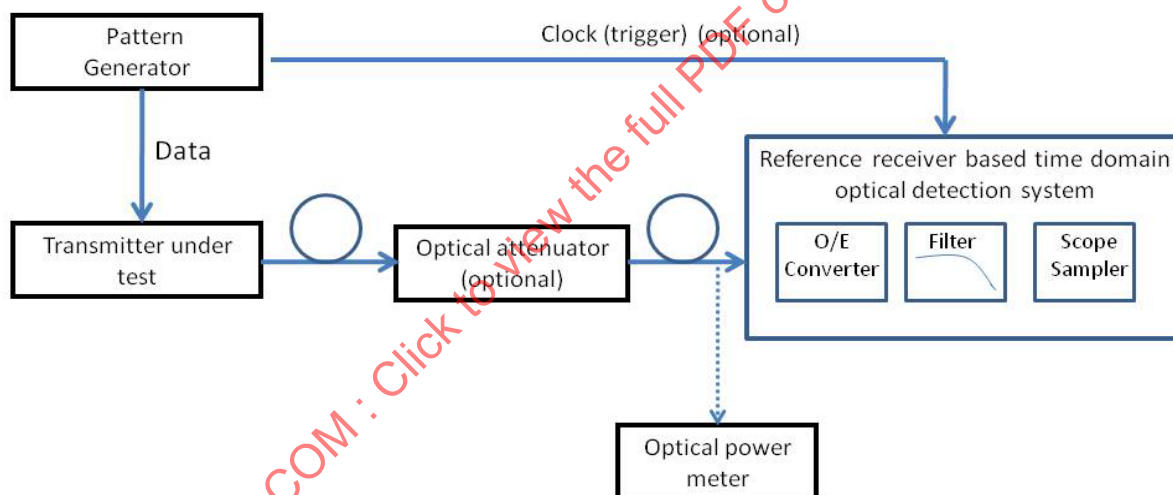
4 Apparatus**4.1 General**

The primary components of the measurement system are a photodetector, a low-pass filter, an oscilloscope, and an optical power meter, as shown in Figure 1. Many transmitter characteristics are derived from analysis of the transmitter time-domain waveform. Transmitter waveform characteristics can vary depending on the frequency response and bandwidth of the test system. To achieve consistent results, the concept of a reference receiver is used. The reference receiver definition defines the combined frequency and phase response of the optical-to-electrical converter, any filtering, and the oscilloscope. The reference receiver frequency response is typically a low pass filter design and is discussed in detail in 4.2. At high signalling rates, reference receiver frequency response can be difficult to achieve when configured using individual components. It is common to integrate the reference receiver within the oscilloscope system to achieve reference receiver specifications. Use of a low-pass filter which alone

achieves reference receiver specifications often will not result in a test system that achieves the required frequency response.

4.2 Reference receiver definition

A reference receiver typically follows a fourth-order low-pass Bessel response. A well-defined low-pass frequency response will yield consistent results across all test systems that conform to the specification. A low-pass response reduces test system noise and approaches the bandwidth of the actual receiver that the transmitter will be paired with in an actual communications system. As signal transients such as overshoot and ringing, which can lead to eye mask failures, are usually suppressed by the reduced bandwidth of the system receiver, it is appropriate to use a similar bandwidth in a transmitter test system. The Bessel phase response yields near constant group delay in the passband, which in turn results in minimal phase distortion of the time domain optical waveform. The bandwidth of the frequency response typically is set to 0,75 (75 %) of the signalling rate. For example, the reference receiver for a 10,0 GBd signal would have a –3 dB bandwidth of 7,5 GHz. For non-return to zero (NRZ) signals, this response has the smallest bandwidth that does not result in vertical or horizontal eye closure (inter-symbol interference). When the entire test system achieves the fourth-order Bessel low-pass response with a bandwidth of 75 % of the baud rate, this is referred to as a Bessel-Thomson reference receiver. Return-to-zero (RZ) signals require a larger bandwidth reference receiver, but which has not been specified in any standards committees.



IEC 1897/12

Figure 1 – Optical eye pattern, waveform and extinction ratio measurement configuration

4.3 Time-domain optical detection system

4.3.1 Overview

The time-domain optical detection system displays the power of the optical waveform as a function of time. The optical detection system is comprised primarily of a linear optical-to-electrical (O/E) converter, a linear-phase low-pass filter and an electrical oscilloscope. The output current of the linear photodetector must be directly proportional to the input optical power. When the three elements are combined within an instrument, it becomes an optical oscilloscope and can be calibrated to display optical power rather than voltage, as a function of time. More complete descriptions of the equipment are listed in 4.3.2 to 4.3.4.

4.3.2 Optical-to-electrical (O/E) converter

The O/E converter is typically a high-speed photodiode. The O/E converter is equipped with an appropriate optical connector to allow connection to the optical interface point, either directly

or via an optical test cord. When low power signals are to be measured, the photodetector may be followed by electrical amplification. The frequency response of the amplification must be considered as it may impact the overall frequency response of the test system.

Precise specifications are precluded by the large variety of possible implementations, but general guidelines are as follows:

- a) acceptable input wavelength range, adequate to cover the intended application;
- b) input optical reflectance, low enough to avoid excessive back-reflection into the transmitter being measured;
- c) responsivity and low noise, adequate to produce an accurately measureable display on the oscilloscope. The photodetector responsivity influences the magnitude of the displayed signal. The photodetector and oscilloscope electronics generate noise. The noise of the test system must be small compared to the observed signal. If the noise is significant relative to the detected optical waveform, some measurements such as eye-mask margin can be degraded. When the photodetector is integrated within the test system oscilloscope, noise performance is specified directly as an RMS optical power level (e.g. 5 mW). The responsivity of the photodetector is used to calibrate the vertical scale of the instrument. Further discussion on the impact of noise is found in 6.1;
- d) lower cut-off (–3 dB) frequency, 0 Hz;
- e) DC coupling is necessary for two reasons. First, extinction ratio measurements cannot otherwise be performed. Second, if AC-coupling is used, low-frequency spectral components of the measured signal (below the lower cut-off frequency of the O/E converter) may cause significant distortion of the detected waveform;
- f) upper cut-off (–3 dB) frequency, greater than the bandwidth required to achieve the desired reference receiver response. Note that –3dB represents a voltage level within the oscilloscope that is 0,707 of the level seen in the filter passband;
- g) transient response, overshoot, undershoot and other waveform aberrations so minor as not to interfere with the measurement;
- h) output electrical return loss, high enough that reflections from the low-pass filter following the O/E converter are adequately suppressed from 0 Hz to a frequency significantly greater than the bandwidth of the low-pass filter.

4.3.3 Linear-phase low-pass filter

A reference receiver is commonly implemented by placing a low-pass filter of known characteristics in the signal path prior to the oscilloscope sampling electronics. The bandwidth and transfer function characteristics of the low-pass filter are designed so that the combined response of the entire signal path including the O/E converter and oscilloscope meets reference receiver specification.

Some measurements of optical waveform parameters are best made without an intentionally reduced bandwidth. Measurements of risetime, falltime, overshoot etc. may be improved with removal of the low-pass filter (see 4.3.4 and 7.11). This may be achieved with electronic switching. The –3 dB bandwidth of the measurement system in this case shall be high enough to allow verification of minimum rise and fall times (for example, one-third of a unit interval), but low enough to eliminate unimportant high-frequency waveform details. For NRZ signals, a bandwidth of 300 % of the signalling rate is a typical compromise value for this type of measurement. RZ signals can require a bandwidth of 500 % of the signalling rate as a typical compromise.

4.3.4 Oscilloscope

The oscilloscope which displays the optical eye pattern typically will have a bandwidth well in excess of the bandwidth of the low-pass filter, so that the oscilloscope is not the bandwidth-limiting item of the measurement system. As signalling rates become very high, the oscilloscope bandwidth may become a more significant contributor to the overall reference receiver response.

The oscilloscope is triggered either from a local clock signal which is synchronous with the optical eye pattern or from a synchronization signal derived from the optical waveform itself (see 4.5).

Figure 2 illustrates oscilloscope bandwidths that are commonly used in eye pattern measurements. Figure 2(a) displays a 10 GBd waveform when the measurement system filter is switched out and the bandwidth exceeds 20 GHz. Figure 2B shows the same signal when measured with the 10 GBd reference receiver in place (~7,5 GHz bandwidth). Note how rise and fall times and eye shape are dependent on measurement system bandwidth.

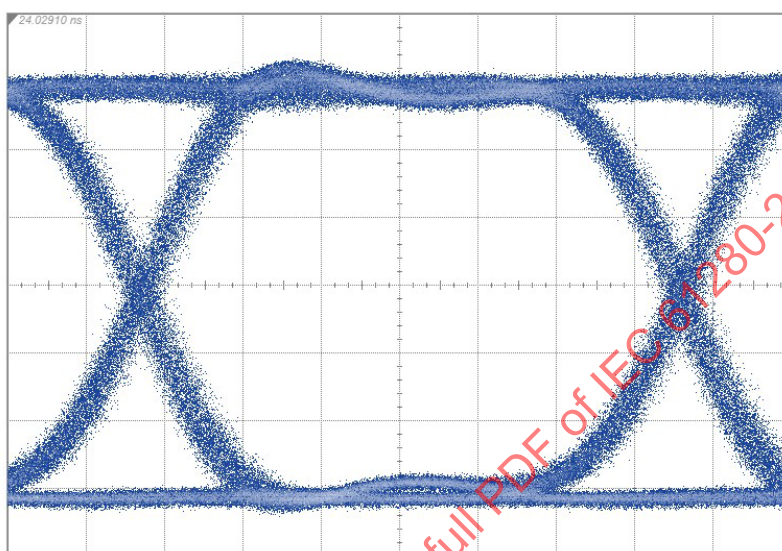


Figure 2(a) – 10 GBd signal measured without filtering

IEC 1898/12

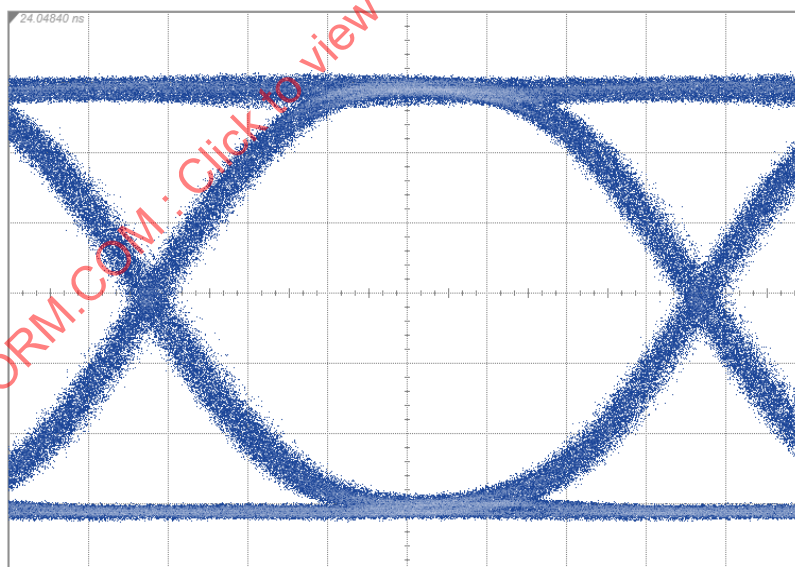


Figure 2(b) – 10 GBd signal measured with a 10 GBd reference receiver

IEC 1899/12

Figure 2 – Oscilloscope bandwidths commonly used in eye pattern measurements

4.4 Overall system response

Regardless of the type of eye pattern measurement, the system should have a linear phase response at frequencies up to and somewhat beyond the –3 dB bandwidth. If the phase response is linear (the group delay is constant) up to frequencies of high attenuation, slight variations in frequency response should not significantly affect the displayed waveform and subsequent measurements.

Table 1 shows example reference receiver specifications for a $0,75/T$ response, where T is the time of one unit interval (exact specifications are typically found within the communication standard defining transmitter performance, with this example showing typical attenuation tolerances for a 10 GBd test system). Reference receiver bandwidth and design for RZ signalling is for further study:

- –3 dB bandwidth: $0,75/T$, Hz;
- filter response type: fourth-order Bessel-Thomson.

Table 1 – Frequency response characteristics

Frequency divided by signalling rate	Nominal attenuation dB	Attenuation tolerance dB	Maximum group delay distortion s
0,15	0,1	0,85	–
0,30	0,4	0,85	–
0,45	1,0	0,85	–
0,60	1,9	0,85	$0,002 T$
0,75	3,0	0,85	$0,008 T$
0,90	4,5	1,68	$0,025 T$
1,00	5,7	2,16	$0,044 T$
1,05	6,4	2,38	$0,055 T$
1,20	8,5	2,99	$0,100 T$
1,35	10,9	3,52	$0,140 T$
1,50	13,4	4	$0,190 T$
2,00	21,5	5,7	$0,300 T$

Intermediate attenuation values beyond the –3 dB frequency should be interpreted linearly on a logarithmic frequency scale.

It is common to define the 0 dB amplitude of a low-pass filter response at DC. However, a frequency response measurement of an optical receiver at DC is impractical. Thus the 0 dB level can be associated with the response at a very low frequency such as 3 % of the signalling rate. All other attenuation levels are then relative to the response at $0,03/T$. If the frequency response of the reference receiver is accurately known, deviation from ideal can be compensated using post-processing techniques.

4.5 Oscilloscope synchronization system

4.5.1 General

Measurements of optical transmitters are typically performed using equivalent time digitising oscilloscopes commonly referred to as sampling oscilloscopes. This class of oscilloscope requires a triggering signal that is synchronous to the signal being observed. All timing information derived from the waveform will be relative to this trigger signal.

4.5.2 Triggering with a clean clock

The most common trigger signal is a system clock and can be used if allowed by governing standards. Ideally, this is the same clock used to generate the data stream being observed (see Figure 1). Synchronous subrate clocks are also valid except when testing repeating patterns where the ratio of the data pattern length to the clock divide ratio is an integer other than 1. Integer pattern-to- clock divide ratios result in incomplete eye diagrams in which specific bits of the test pattern will systematically not be observed. For example, if the pattern length is 128 bits, clock divide ratios such as 4, 8 and 32 should be avoided. However, these divide ratios are appropriate if the pattern length is 127 bits.

4.5.3 Triggering using a recovered clock

It is common for governing standards to require the synchronizing clock signal to be generated from the signal under test through clock recovery. Clock recovery systems are typically achieved with some form of phase-locked loop (PLL) which synchronizes itself to a tapped portion of the transmitter signal. Triggering the oscilloscope with a clock that has been derived from the signal being observed creates some important measurement issues. If the transmitter signal suffers from significant timing instability (jitter), this would be important to observe. However, if the timing reference (trigger) for the oscilloscope has been derived from the transmitter signal, it will include some of the same jitter properties. The displayed jitter can be dramatically reduced as the jitter is common to both the trigger and the signal being observed.

The amount of jitter present on the extracted clock trigger is dependent on the loop bandwidth of the PLL within the clock recovery system. If the loop bandwidth is narrow, only very low frequency jitter will be transferred to the recovered clock, which is then used to trigger the oscilloscope. If the loop bandwidth is wide, both low and high frequency jitter is transferred to the recovered clock trigger. This is described by the jitter transfer function (JTF) which is the ratio of the jitter on the recovered clock to the jitter on the signal under test. JTF is typically characterized as a function of jitter frequency and follows a low-pass filter response (see Figure 3).

Jitter common to both the trigger and the test signal will not be displayed on the oscilloscope. If the clock recovery loop bandwidth is narrow, low frequency jitter will be suppressed from the displayed eye, but high frequency jitter will be displayed. If the loop bandwidth is wide, both low and high frequency jitter will be suppressed. This leads to the concept of the observed jitter transfer function (OJTF). OJTF is mathematically the complement of the clock recovery JTF (see Figure 3). In effect, triggering with a recovered clock results in a high-pass filtering of displayed jitter. The filter bandwidth is approximated by the bandwidth of the PLL. The actual OJTF response is a complex function of frequency and depends on both the PLL design and any trigger-to-sample delay in the test system.

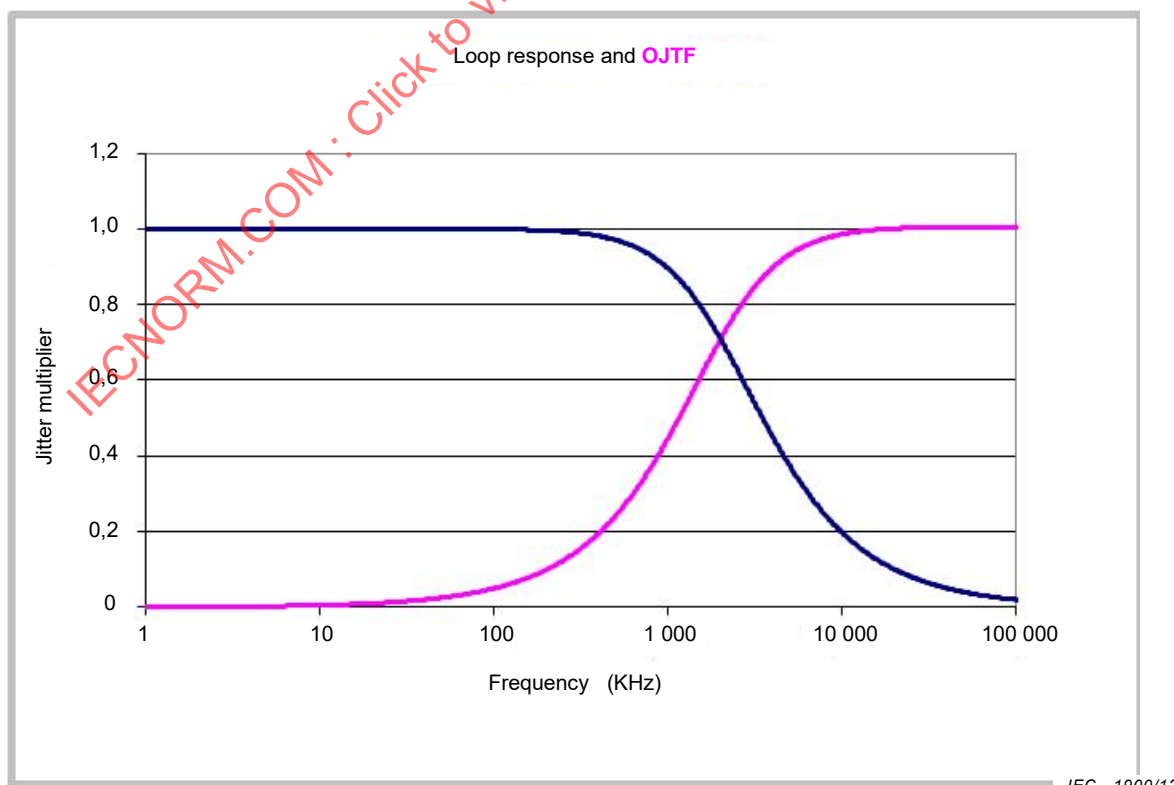


Figure 3 – PLL jitter transfer function and resulting observed jitter transfer function

The OJTF phenomenon can be used strategically. In a communications system a transmitter is paired with a receiver that has its own clock recovery system to time its decision circuit. Such a receiver can track and thus tolerate jitter within its loop bandwidth and may be present on the incoming signal. Thus if low frequency jitter is present on the signal, it will not degrade system level communications. If this jitter remained on the observed signal during test, it would result in eye diagram closure and a viable transmitter could appear unusable. A test system that uses a clock recovery process that has a loop bandwidth similar to the communications system receiver will suppress the display of unimportant low frequency jitter. Communications standards typically define the observed jitter transfer bandwidth for receivers in use and for eye and waveform measurement. Acceptable signals are defined by the relevant communications standards and should consider both the JTF and OJTF concept when specifying allowable transmitter jitter.

4.5.4 Triggering directly on data

A sampling oscilloscope can be triggered by splitting the test signal after the photodetector and routing some signal to the trigger input. A data trigger is problematic. For any two bit sequence, only one of the possible four combinations will generate the edge required to be a valid trigger event. Thus, approximately 75 % of typical test patterns are systematically not observed on any single eye diagram. As discussed above, jitter will be common to both the data and the trigger. Observed jitter is reduced by the removal of the transmitters' clock jitter. There is no control over the OJTF of the transmitter's clock jitter, much of it increased by the signals' high frequency jitter. This method is not recommended except for OMA measurements (see 7.4).

Some oscilloscopes acquire data and derive an effective trigger through a post-processing 'software' clock recovery. Algorithms must consider the same issues that exist with hardware triggering and clock recovery.

4.6 Pattern generator

The pattern generator shall be capable of providing bit sequences and programmable word patterns to the system consistent with the signal format (pulse shape, amplitude, etc.) required at the system input electrical interface of the transmitter device and as defined by the appropriate communications standard.

4.7 Optical power meter

The optical power meter shall be used which has a resolution better than 0,1 dB and which has been calibrated for the wavelength of operation for the equipment to be tested. Optical power meters can also be integrated within an optical reference receiver through monitoring the DC component of the photodetector output current.

4.8 Optical attenuator

The attenuator shall be capable of attenuation in steps less than or equal to 0,1 dB and should be able to adjust the input level to suit the acceptable range of the O/E converter.

The attenuator should not alter the mode structure of the signal under test. The total attenuation of the attenuator must be accounted for in any measurements that require absolute amplitude information. Care should be taken to avoid back reflection into the transmitter.

4.9 Test cord

Unless otherwise specified, the test cords shall have physical and optical properties normally equal to those of the cable plant with which the equipment is intended to operate. The test cords can be 2 m to 5 m long. Appropriate connectors shall be used. Single-mode test cords shall be deployed with two 90 mm diameter loops. If the equipment is intended for multimode operation and the intended cable plant is unknown, the fibre size shall be 62,5 µm/125 µm.

5 Signal under test

The test sample shall be a specified fibre optic transmitter. The system inputs and outputs shall be those normally seen by the user of the system. The test transmitter shall be installed in the measurement configuration as shown in Figure 1.

6 Instrument set-up and device under test set-up

6.1 Unless otherwise specified, standard operating conditions apply. The ambient or reference point temperature and humidity shall be recorded. A filtered response using the appropriate reference receiver described in 4.2 is used except where noted. Allow sufficient warm-up time for the test instrumentation. Perform any instrument calibrations recommended by the manufacturer. Of particular importance to eye-diagram extinction ratio testing is a “dark cal” or dark level calibration. Any residual signal present within the oscilloscope when there is no optical signal present at the input is known as the dark level. Measuring and removing the dark level ‘ b_{dark} ’ will enhance the accuracy of the extinction ratio measurement. Dark levels are determined by placing a vertical histogram about the signal trace observed on the oscilloscope when absolutely no signal is present at the oscilloscope input. ‘ b_{dark} ’ is the mean level of the histogram. For best accuracy, dark calibrations should be performed at the oscilloscope vertical scale and offset setting at which extinction ratio measurements are made. Thus, a dark cal may need to be repeated after the transmitter signal levels have been observed. Apply appropriate terminal input voltage/power to the system under test. Follow appropriate operating conditions. Allow sufficient time for the terminal or transmitter under test to reach steady-state temperature and performance conditions.

6.2 As part of standard operating conditions, all transmitter inputs are fully loaded with a signal at the full signalling rate and with a pattern that has spectral content representative of actual operation. Acceptable signals are defined by the relevant communications standards, otherwise this is often achieved with pseudo-random data (typically $2^{31} - 1$). Test patterns can be constructed that represent actual communications signals, yet are much shorter than pseudo-random $2^{31} - 1$ sequences. These can be appropriate for test scenarios where extremely long test patterns are problematic for some oscilloscope architectures.

6.3 Use appropriate optical fibre cables; if necessary connect the input of the O/E converter to the optical interface point being tested.

6.4 Adjust the trigger setup and level of the oscilloscope to achieve a stable waveform display

6.5 Determine the signalling rate of the optical signal to be tested. Select the appropriate reference receiver frequency response corresponding to the signalling rate and controlling specification.

6.6 Connect the test equipment, as shown in Figure 1. Verify that the waveform shape is not corrupted through averaging or excess power into the oscilloscope. As necessary, adjust the optical attenuator to set the reference receiver input power within the input power level range specified by the manufacturer.

6.7 Set the horizontal timebase of the oscilloscope to display approximately 1,2 or more unit intervals, with at least one complete eye displayed. Unless the test system is capable of using data outside of a single unit interval, displays of multiple unit intervals lead to inefficient data acquisition, as only one unit interval (or one eye diagram) is analyzed in most automatic measurement systems.

6.8 Set the vertical scale of the oscilloscope such that the entire waveform is observed on the screen. Typically, measurement accuracy is improved if the majority of the vertical scale is used. (Example, if the vertical scale is eight divisions, the waveform is displayed across six or seven divisions.) It is common for automatic sampling oscilloscopes to achieve optimal

horizontal and vertical scaling of the eye diagram through an 'autoscale' function, which should display the eye pattern across most of the available vertical scale.

7 Measurement procedures

7.1 Overview

Several eye diagram parameters are presented including definitions and measurement procedures. (In some cases, the complexity of the measurement algorithm is beyond the scope of the document.)

7.2 Extinction ratio measurement

7.2.1 Configure the test equipment

Configure the test equipment as described in Clause 6. Unless otherwise specified, standard operating conditions apply. The ambient or reference point temperature and humidity shall be recorded.

7.2.2 Measurement procedure

7.2.2.1 General

Modern sampling oscilloscopes perform extinction ratio measurements automatically and should adhere to the following measurement procedure.

7.2.2.2 Construct an amplitude histogram, method 1

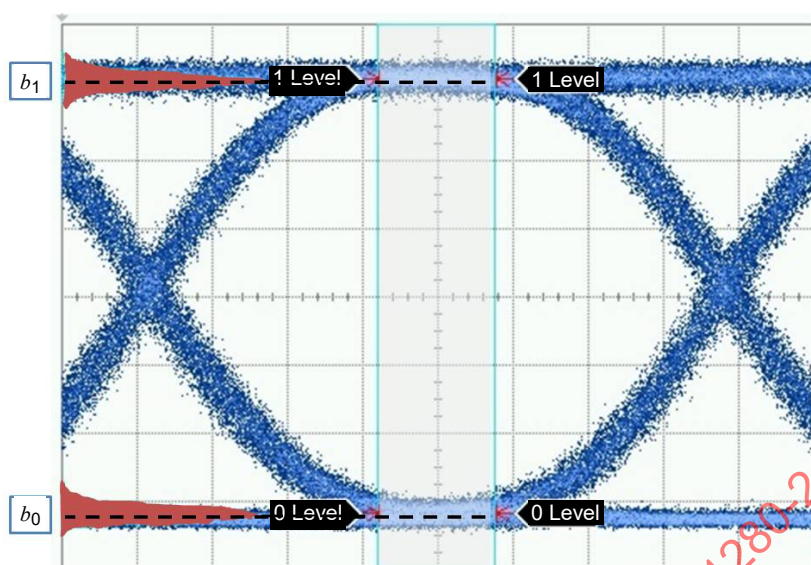
Construct an amplitude histogram that includes all samples present on the logic one level within the central 20 % of the eye diagram unit interval. b_1 is the mean value of the histogram (see Figure 4). The centre of the eye is defined as midway between the crossing times. The exact definition may be given by the governing standards; otherwise 0,5 UI from the mean crossing time is suitable. It is important that histogram means rather than peak values are used for the following reasons: Extinction ratio should be measured for the aggregate logic one and zero levels. Eye diagram pattern dependencies can result in distributions that are asymmetric and/or contain multiple modes. Also, if two or more modes dominate and are close in magnitude, the peak value may switch between modes as data is collected leading to an extinction ratio measurement that is unstable.

7.2.2.3 Construct an amplitude histogram, method 2

Similar to 7.2.2.2 construct an amplitude histogram that includes all samples present on the logic zero level within the central 20 % of the eye diagram unit interval. b_0 is the mean value of the histogram (see Figure 4).

7.2.2.4 Construct an amplitude histogram

For RZ (return to zero) signals, the procedure of 7.2.2.2 and 7.2.2.3 are used, but histograms are constructed over the central 5 % of the RZ eye. The centre of the eye is defined as the time location of the peak of the eye.



IEC 1901/12

Figure 4 – Histograms centred in the central 20 % of the eye used to determine the mean logic one and 0 levels, b_1 and b_0

7.2.3 Extinction ratio calculation

Extinction ratio definition: the ratio of the average optical energy in the centre of a logic one to the average optical energy in the centre of a logic zero.

For non-return-to-zero (NRZ) and return-to-zero (RZ) optical line coding, the extinction ratio may be determined as the ratio:

Extinction ratio (linear): $(b_1 - b_{\text{dark}}) / (b_0 - b_{\text{dark}})$

Extinction ratio in decibels: $10 \log_{10}((b_1 - b_{\text{dark}}) / (b_0 - b_{\text{dark}}))$

Extinction ratio as a percentage: $100 (b_0 - b_{\text{dark}}) / (b_1 - b_{\text{dark}})$

Note that when extinction ratio is expressed as a percentage, the higher the “on to off ratio” the smaller the extinction ratio percentage will be.

Extinction ratio results can be adversely impacted by reference receivers exhibiting deviation from an ideal frequency response. Systematic measurement errors can occur due to this non-ideal response particularly at low frequencies. This error can be quantified as an extinction ratio correction factor (ERCF) and used to improve the extinction ratio measurement result. ERCF values are determined by providing a signal of known extinction ratio to the test system. The ERCF is the difference between the known extinction ratio and the measured extinction ratio (both expressed as a percentage). If the true extinction ratio is 1 %, but the measured value is 1,5 %, the ERCF is -0,5 %. Subsequent measurements of extinction ratio are improved by adding the ERCF to the measured value. In general, ERCF values are unique for a specific optical reference receiver based test system. When a test system is capable of being configured with reference receivers for multiple data rates, it is likely that a unique ERCF will be required for each configuration. Once the measured extinction ratio has been corrected, it can be expressed in linear terms or in decibels as follows:

Corrected extinction ratio (percentage): $100 (b_0 - b_{\text{dark}}) / (b_1 - b_{\text{dark}}) + \text{ERCF}$

Corrected extinction ratio (linear): $1 / ((100 (b_0 - b_{\text{dark}}) / (b_1 - b_{\text{dark}}) + \text{ERCF}) / 100)$

Extinction ratio (decibels): $10 \log_{10} 1 / ((100 (b_0 - b_{\text{dark}}) / (b_1 - b_{\text{dark}}) + \text{ERCF}) / 100)$

7.3 Eye amplitude

7.3.1 Eye amplitude is similar to OMA (see 7.4).

7.3.2 Eye amplitude is the difference in the b_1 and b_0 values from 7.2.

7.4 Optical modulation amplitude (OMA) measurement using the square wave method

7.4.1 General

Some communication system standards require an OMA value that is not impacted by inter-symbol interference. The logic one amplitude b_1 is obtained within a consecutive sequence of logic ones and the logic zero amplitude b_0 is obtained within a consecutive sequence of logic zeros. The most common scheme is to have the transmitter produce a repeating sequence of five logic ones followed by five logic zeros. Eight ones and eight zeros are also used.

7.4.2 Oscilloscope triggering

Triggering of the oscilloscope is achieved by using a signal edge that occurs once per N repetitions of the square wave sequence. This can be achieved with a divided clock signal (signalling rate divided by N times the pattern length) or by triggering directly on the signal under test. For example, if the signal is five ones followed by five zeros, a clock signal with a frequency of the signalling rate divided by 10, 20, 30 etc. is valid. Although triggering directly on the signal under test is generally discouraged, for the OMA measurement triggering on either the rising edge or the falling edge of the data will yield the correct waveform display.

7.4.3 Amplitude histogram, step 1

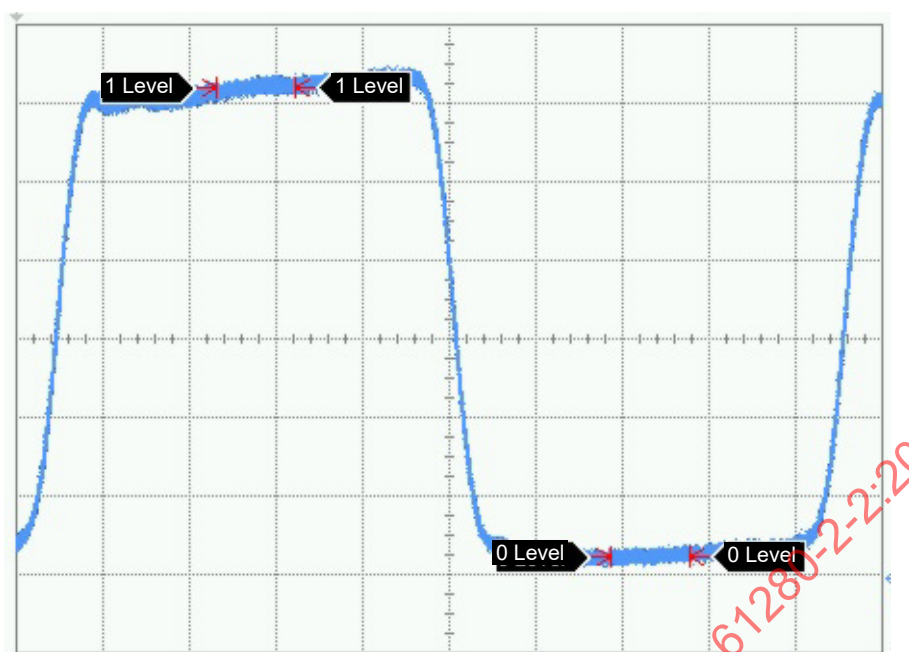
An amplitude histogram is constructed over the full bit interval of the central bit (or region specified by the communications standard) in the sequence of ones. b_1 is the mean of this histogram.

7.4.4 Amplitude histogram, step 2

An amplitude histogram is constructed over the full bit interval of the central bit (or region specified by the communications standard) in the sequence of zeros. b_0 is the mean of this histogram.

7.4.5 Calculate OMA

See Figure 5. OMA is the difference between b_1 and b_0 .



IEC 1902/12

Figure 5 – OMA measurement using the square wave method

7.5 Contrast ratio (for RZ signals)

Contrast ratio (RZ format signals) definition: the ratio of the signal level of the logic one at its full on state to the level of the logic one at its off state where it returns to zero before transitioning to another logic one.

$$(b_{1on} - b_{dark}) / (b_{1off} - b_{dark})$$

The general logic one off level is composed of data from logic one pulses including those preceded or followed by logic zeros. Care should be taken to reduce the influence of the logic zero signal in the construction of the measurement of the logic one off level.

7.6 Jitter measurements

7.6.1 As described in 3.9, jitter is the deviation of the logical transitions of a digital signal from their ideal positions in time manifested in the eye diagram as the time width or spread of the crossing point. For the NRZ eye diagram a jitter measurement can be made at the crossing point, where the rising and falling edges of the eye diagram intersect. This provides a useful assessment of the overall jitter of the signal when making transitions to both logic zero levels and logic one levels and the effective eye closure specifically caused by that jitter.

7.6.2 This measurement is performed by placing a vertically thin histogram positioned at the eye diagram crossing point. The histograms statistics such as peak-to-peak spread and standard deviation can be used to quantify the jitter (Jitter p-p and Jitter RMS respectively). Note that when jitter is measured at the eye diagram crossing point, it does not include duty-cycle-distortion (DCD), which can be considered an element of jitter, but is defined and measured as an individual parameter in this procedure (see 7.8). Also, some communications standards prefer to assess jitter at the mean amplitude of the eye, which will not be the same level as the crossing point when DCD is present. In this scenario, the histogram statistics will include the DCD contribution.

7.6.3 While the full width of the histogram can provide a peak-to-peak jitter value, realize that as more data samples are acquired the width of the histogram and the jitter value will increase.

Thus, it is a coarse assessment of the jitter and may not provide a precision estimate of total jitter used to estimate bit-error-ratio (see IEC 61280-2-3).

7.6.4 While the standard deviation of the histogram can be used to provide a root-mean-square estimate of the jitter, it may not be an accurate measure of random jitter, as the histogram can be composed of both random and deterministic jitter elements.

7.6.5 For the RZ eye, rising and falling edges do not intersect at a location that provides useful timing information. A jitter measurement is made on either the rising edge or the falling edge, typically at the 50 % level. An aggregate measurement can be made through combining the jitter measurements made using histograms on both the rising and falling edges. As the jitter is an assessment of horizontal (time) eye closure, the right half of the rising edge jitter histogram is combined with the left half of the falling edge jitter histogram to approximate the equivalent jitter measurement of the crossing point of the NRZ eye.

7.7 Eye width

7.7.1 A complementary measurement to jitter is eye width. From 7.6, jitter causes the eye to close in time. The eye width of an ideal jitter-free NRZ eye would be one unit interval. For practical signals eye width is a measure of the residual eye opening after accounting for jitter and mathematically is the time difference between the unit interval and the measured jitter.

7.7.2 Eye width = 1 unit interval – 6 jitter_{rms}. Note this assumes that the jitter distribution is the same on each crossing point as well as symmetric about the ideal crossing point. In addition, some standards may define the eye closure using 7 jitter_{rms}.

7.7.3 Eye width % = 100 (1 unit interval - 6 jitter_{rms}) / 1 unit interval.

7.8 Duty cycle distortion (DCD)

7.8.1 DCD occurs when the width of the logic one pulses are different from the width of the logic zero pulses. This is seen as an eye diagram crossing point, which occurs at a level that is not midway between the logic one level (b_1) and the logic zero level (b_0). DCD can be measured

as the time separation between the average position of the falling edge and the average position of the rising edge, both measured at the average level of the signal.

7.8.2 Construct a time histogram at the average of the b_1 and b_0 levels, positioned to include both the rising and falling edge of the eye diagram crossing point.

7.8.3 Locate the mean time position of the falling edges t_f .

7.8.4 Locate the mean position of the rising edges t_r .

7.8.5 $DCD = |t_f - t_r|$. See Figure 6.

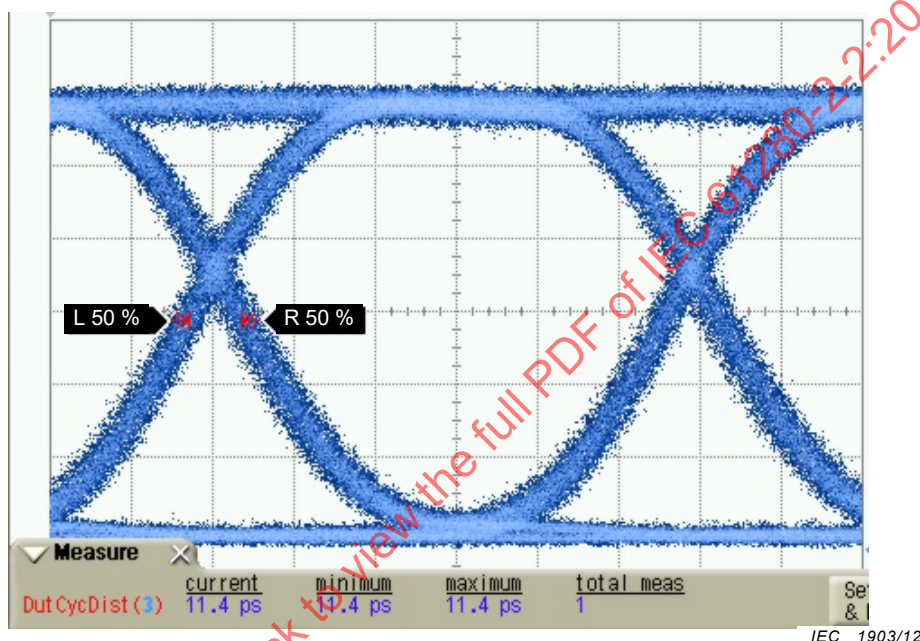


Figure 6 – Construction of the duty cycle distortion measurement

7.8.6 Alternatively, DCD can be expressed as a percentage of a unit interval.

7.8.7 $DCD \% = 100 (DCD / \text{unit interval})$.

7.9 Crossing percentage

7.9.1 Crossing percentage is used to measure the relative amplitude position where falling edges intersect with the rising edges of the eye diagram.

7.9.2 Construct histograms to locate the time position where the mean of the falling edge population intersects the mean of the rising edge population.

7.9.3 Construct a histogram to determine the amplitude b_x at the mean intersection point.

7.9.4 $\text{Crossing percentage} = 100 (b_x - b_0) / (b_1 - b_0)$. See Figure 7.

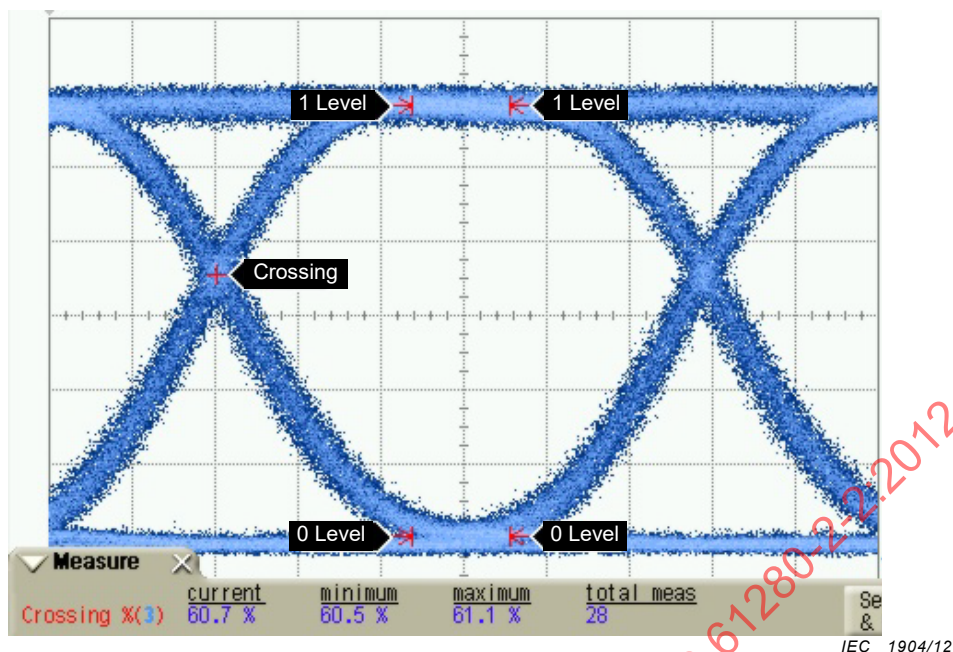


Figure 7 – Construction of the crossing percentage measurement

7.10 Eye height

7.10.1 Eye height describes the vertical opening of the eye diagram and accounts for deviation of the signal from its ideal amplitude levels

7.10.2 Histograms are constructed in the same fashion as described in 7.2.2.2 and 7.2.2.3.

7.10.3 In addition to determining b_1 and b_0 , the standard deviation of each histogram (s_1 and s_0) is also calculated.

7.10.4 Eye height is calculated as the $(b_1 - 3s_1) - (b_0 + 3s_0)$.

7.11 Q-factor/signal-to-noise ratio (SNR)

7.11.1 SNR compares the amplitude of the transmitter signal to the combined 'noise' on both the logic one and zero levels. Note that in this procedure the measured 'noise' includes any amplitude deviations from ideal, both random and deterministic. Generally, noise is due only to random mechanisms. Thus this is not a precision method to determine a true signal to noise ratio that could be used to estimate bit-error-ratio. Note that this measurement definition is equivalent to that used for Q-Factor. Similarly, Q-factor analysis assumes that signal deviation from ideal amplitudes is dominated by random mechanisms.

7.11.2 SNR is calculated using the same parameters as eye height.

7.11.3 $SNR = (b_1 - b_0) / (s_1 + s_0)$.

7.12 Rise time

Rise time is the time required for the optical signal to rise from 20 % to 80 %, or from a value of

$$b_0 + 0,2 (b_1 - b_0)$$

to a value of

$$b_0 + 0,8 (b_1 - b_0)$$

Because optical waveforms may exhibit distortion in the initial turn-on region and in reaching a steady state amplitude, the 10 % and 90 % levels sometimes used to describe edge speed in electrical systems may be difficult to resolve with sufficient accuracy. Therefore, 20 % to 80 % rise times are preferred by this standard. See Figure 8. This value is typically measured without a low-pass Bessel-Thomson filter. If the filter is in place, the rise time measured will be larger than that measured without the filter. The observed risetime may be correlated by the root-sum-of-squares method to the risetime in the bandwidth specified by the governing standard.

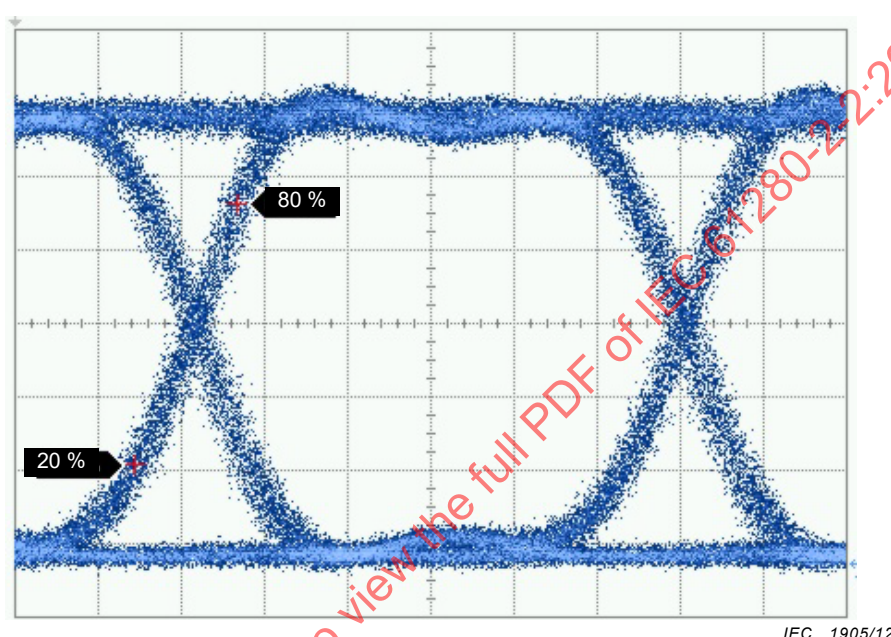


Figure 8 – Construction of the risetime measurement with no reference receiver filtering

7.13 Fall time

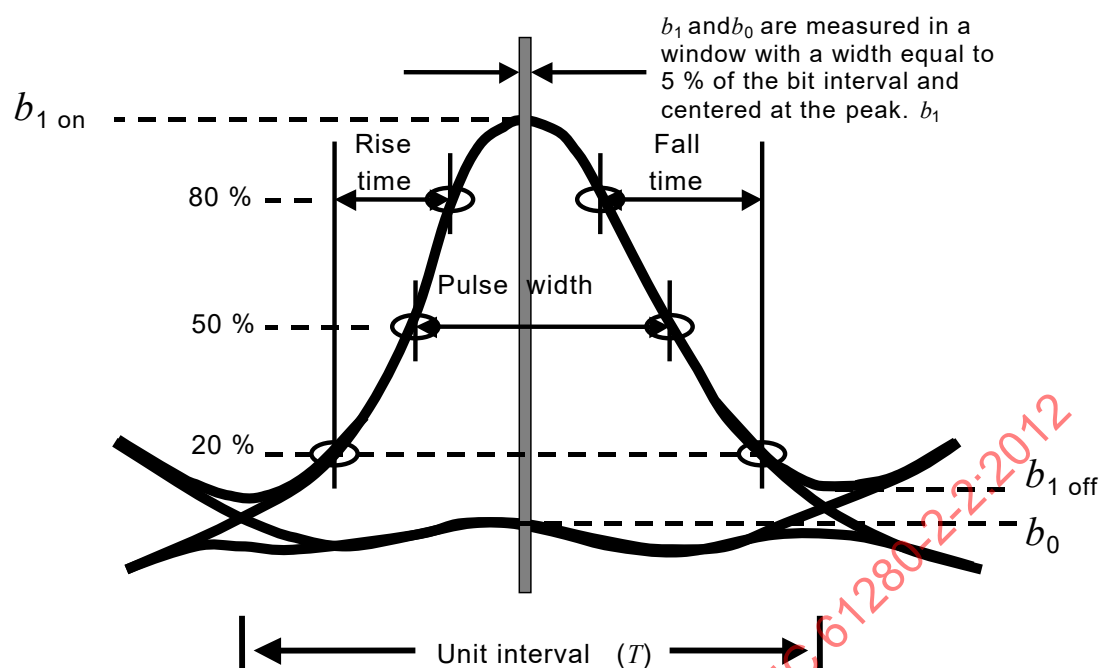
Fall time is the time required for the optical pulse to fall from 80 % to 20 %, or from a value of

$$b_0 + 0,8 (b_1 - b_0)$$

to a value of

$$b_0 + 0,2 (b_1 - b_0)$$

For clarity, Figure 9 indicates definition and construction of measurements for an RZ waveform.



IEC 1906/12

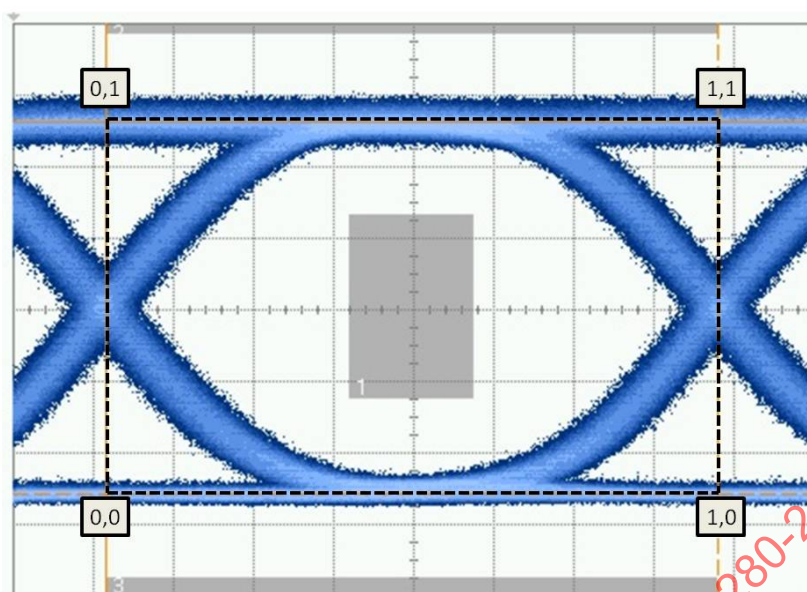
Figure 9 – Illustrations of several RZ eye-diagram parameters

8 Eye-diagram analysis using a mask

8.1 Eye mask testing using the 'no hits' technique

Many communications standards define the allowable shape of a transmitter output waveform through an eye mask. An eye mask typically consists of three polygons placed above, below, and within the eye-diagram (see Figure 10). Mask shapes are typically defined by specific communications standards. The alignment of the mask to the eye diagram generally is as follows:

The mask shapes are defined using a generic coordinate system where 0 and 1 on the time axis correspond to the left and right crossing points of the eye respectively although in some standards it is permissible to adjust the position of the eye in time. 0 on the amplitude axis is defined by the logic zero level of the eye. 1 on the amplitude axis is defined by the logic one level of the eye. Unless stated otherwise by the communication standard the 1 and 0 amplitude levels are defined according to 7.2.2.2 and 7.2.2.3 as b_1 and b_0 respectively.



IEC 1907/12

Figure 10 – Basic eye mask and coordinate system

Mask tests are typically performed using digitising oscilloscopes. A digitised waveform is composed of a fixed number of samples. Historically a transmitter with one or more samples falling on any mask polygon was considered non-complaint. Thus, results are dependent upon the population size of the sampled data. When a mask test is designed, the number of waveform samples required to produce an adequate assessment of the eye diagram, rather than the number of waveforms, should be considered. As the number of samples that make up a waveform can vary with different oscilloscope implementations, specifying a number of samples rather than waveforms will lead to comparable results. Typical values for the number of samples range from 50 000 to 1 000 000. It is important to note that the likelihood of mask test failures increases with increased sample size due to random elements such as noise and jitter in the signal and measurement equipment. For consistency in test results, the number of samples required for an adequate population should be set by the communication standard. The benefit of a large sample population is typically weak compared to the test time penalty incurred, thus populations in the 100 000 to 200 000 are recommended.

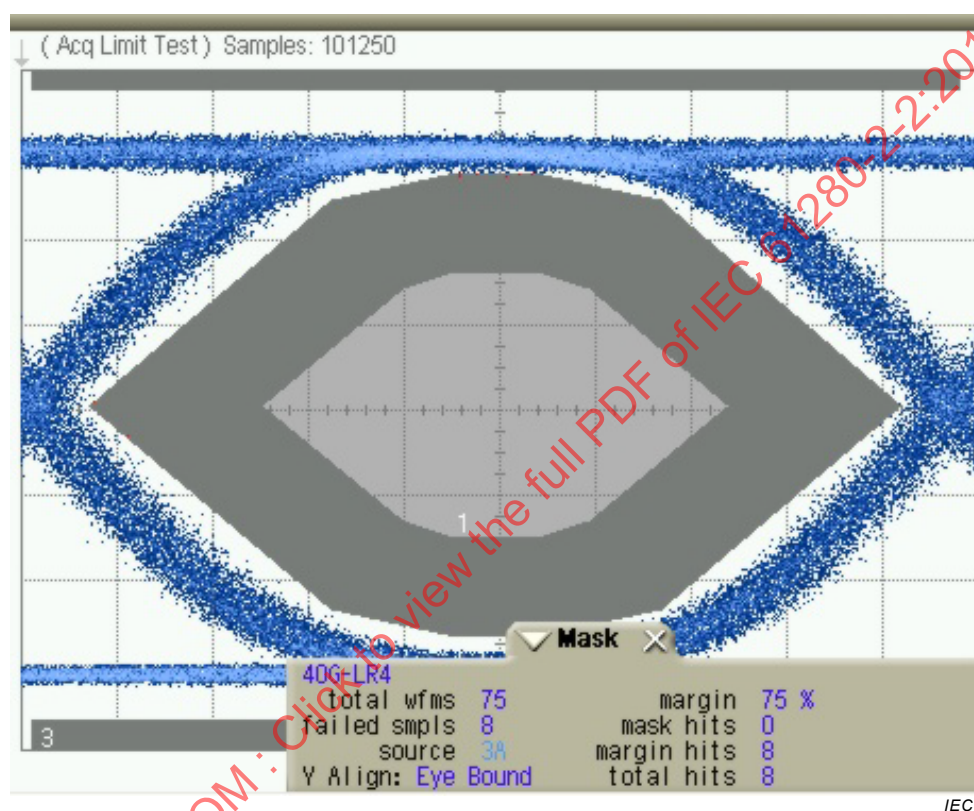
Mask test compliance can be quantified further through the use of mask margins to determine how well compliance is achieved. A positive mask margin is an expansion of the nominal mask while a negative margin is a contraction of the nominal mask. A mask margin is generally a proportional expansion of the mask polygons within the general coordinate system. A 0 % expansion represents the nominal mask dimension, while a 100 % mask expansion would be a mask that had been expanded to the 0 and 1 levels of the generic coordinate system. Note that a waveform with a 100 % mask margin is unrealizable when measured with a typical reference receiver using common eye mask shapes. The fastest rise and fall times that can pass through the reference receiver will still violate a 100 % mask expansion even if the transmitter is completely free of distortion, noise and jitter. A mask margin is generally not considered as part of a communications standard, as the standard defines the baseline capability required for system level communications performance. Mask margins are generally used for manufacturing process control and as a figure of merit for a transmitter design.

8.2 Eye mask testing using the 'hit-ratio' technique

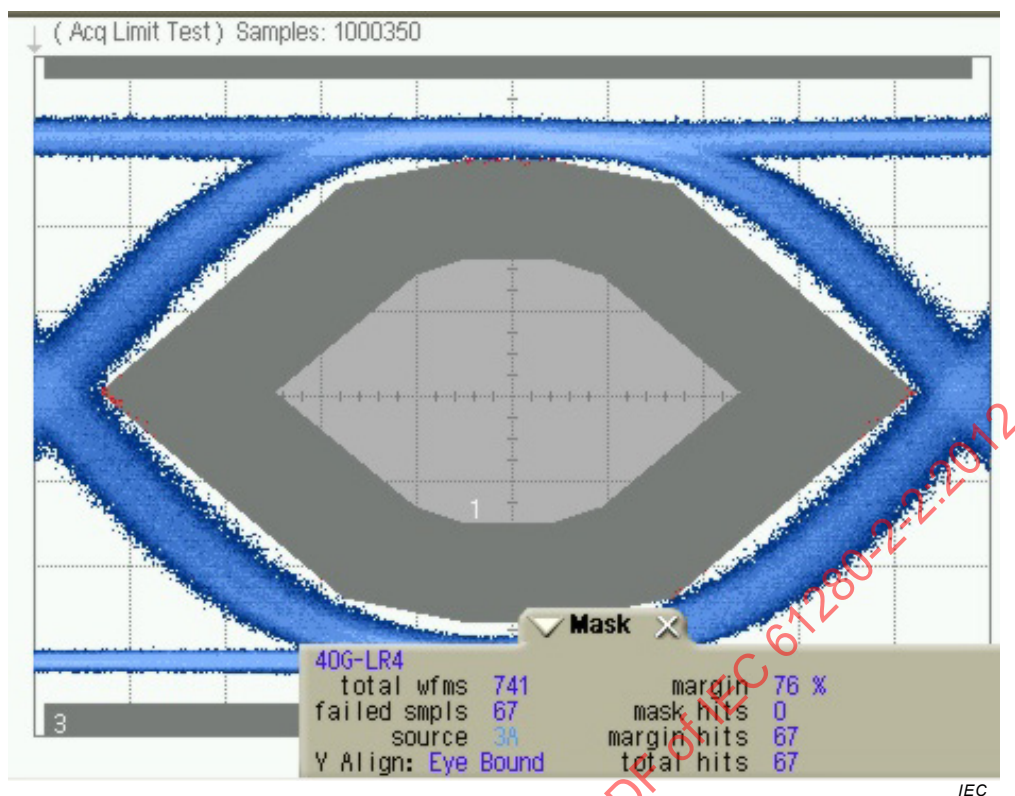
In general, an eye mask test that allows no mask hits is subject to inconsistent results. As indicated in 8.1, results are typically dependent on the population size. This is particularly true when mask margins are applied. A transmitter may easily achieve no hits for the standard test for even large sample sizes. When the mask dimensions are expanded for margin testing, the amount of expansion that can be achieved with no mask hits will fluctuate both from test to test as well as with different population sizes. A single sample that is a rare outlier in the overall

population may significantly reduce the mask expansion in one test but not when a new sample population is acquired.

If a small percentage of samples are allowed to violate the mask compared to the total number of samples, mask testing is significantly less vulnerable to variation in results due to extreme outliers or changes in sample population size. For example, if 1 out of 10 000 samples are allowed to violate the mask, the mask margin will typically be the same for a sample population of 100 000, 1 000 000, or 10 000 000 samples. See Figure 11. The product of sample population and hit ratio should be greater than 5 for consistent results.



(a) Mask margin with ~ 100 000 samples tested at a 1:10 000 hit ratio: 75 %



(b) Mask margin (76 %) with over 1 million samples and a 1:10 000 hit ratio

Figure 11 – Mask margins at different sample population sizes

For a communication standard using the hit ratio technique, mask dimensions and allowable hit ratio shall be designed concurrently to be compatible with link budgets. A hit ratio of 5×10^5 is common and gives reasonable correlation to link performance.

9 Test result

9.1 Required information

- Date, title of the test and test procedure number.
- Sample identification).
- Reference point temperature and humidity.
- Results of the test.

9.2 Available information

- Identification of the test equipment used, an estimate of the measurement uncertainty and the latest date of test equipment calibration.
- Names of test personnel.

9.3 Specification information

The following information shall be specified in the detail specification:

- a reference to this test procedure if it is to be used;
- acceptance or failure criteria;
- other requirements, if applicable.

Bibliography

IEC 60825-1, *Safety of laser products – Part 1: Equipment classification and requirements*

IEC 61281-1, *Fibre optic communication subsystems – Part 1: Generic specification*

IEEE Std 802.3, *IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*

IEEE 802.3, *LAN/MAN – IEEE Standard for Information Technology – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*

ITU-T Recommendation G.691, *Optical interfaces for single-channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers*

ITU-T Recommendation G.957, *Optical interfaces for equipments and systems relating to the synchronous digital hierarchy*

TIA-526-4, *OFSTP-4, Optical eye pattern measurement procedure*

TIA-559, *Single-mode fiber system optic transmission design*

ANSI FC-PI-5, *Fibre Channel Physical Interface 5*

ANDERSSON, Per O. and AKERMARK, Kurt, "Accurate Optical Extinction Ratio Measurements", IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 6, No. 11, November 1994

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	30
1 Domaine d'application	32
2 Références normatives	32
3 Termes et définitions	32
4 Appareillage	34
4.1 Généralités	34
4.2 Définition de récepteur de référence	34
4.3 Système de détection optique dans le domaine temporel	35
4.3.1 Vue d'ensemble	35
4.3.2 Convertisseur optique-électrique (O/E)	35
4.3.3 Filtre passe-bas à phase linéaire	36
4.3.4 Oscilloscope	36
4.4 Réponse globale du système	38
4.5 Système de synchronisation de l'oscilloscope	38
4.5.1 Généralités	38
4.5.2 Déclenchement avec une horloge propre	39
4.5.3 Déclenchement avec une horloge récupérée	39
4.5.4 Déclenchement directement sur des données	40
4.6 Générateur de motifs	41
4.7 Appareil de mesure de la puissance optique	41
4.8 Affaiblisseur optique	41
4.9 Cordon d'essai	41
5 Signal en essai	41
6 Montage des instruments et montage des dispositifs en essai	41
7 Procédures de mesure	43
7.1 Vue d'ensemble	43
7.2 Mesurage du taux d'extinction	43
7.2.1 Configuration du matériel d'essai	43
7.2.2 Procédure de mesure	43
7.2.3 Calcul du taux d'extinction	44
7.3 Amplitude de l'œil	45
7.4 Mesurage de l'amplitude de modulation optique (OMA) utilisant la méthode des ondes carrées	45
7.4.1 Généralités	45
7.4.2 Déclenchement de l'oscilloscope	45
7.4.3 Histogramme d'amplitude, étape 1	45
7.4.4 Histogramme d'amplitude, étape 2	45
7.4.5 Calcul de l'OMA	45
7.5 Taux de contraste (pour signaux en RZ)	46
7.6 Mesurages de la gigue	46
7.7 Largeur de l'œil	47
7.8 Distorsion du cycle de fonctionnement (DCD)	47
7.9 Pourcentage de croisement	48
7.10 Hauteur de l'œil	49
7.11 Facteur Q/rapport signal sur bruit (S/B)	49
7.12 Temps de montée	50

7.13	Temps de descente.....	50
8	Analyse du diagramme de l'œil utilisant un masque.....	51
8.1	Essai du masque de l'œil utilisant la technique 'zéro occurrence'.....	51
8.2	Essai du masque de l'œil utilisant la technique du 'taux d'occurrences'.....	53
9	Résultat d'essai.....	55
9.1	Informations exigées.....	55
9.2	Informations disponibles.....	55
9.3	Informations relatives à la spécification.....	55
	Bibliographie.....	56
	Figure 1 – Configuration de mesure du diagramme de l'œil optique, de la forme d'onde et du taux d'extinction.....	35
	Figure 2 – Largeurs de bande d'un oscilloscope communément utilisées dans des mesurages de diagramme de l'œil.....	37
	Figure 3 – Fonction de transfert de gigue de PLL et fonction de transfert de gigue observée résultante.....	40
	Figure 4 – Histogrammes centrés sur les 20 % du centre de l'œil utilisés pour déterminer les niveaux 1 et 0 logiques moyens, b_1 et b_0	44
	Figure 5 – Mesurage de l'OMA utilisant la méthode des ondes carrées.....	46
	Figure 6 – Construction du mesurage de la distorsion du cycle de fonctionnement.....	48
	Figure 7 – Construction du mesurage du pourcentage de croisement.....	49
	Figure 8 – Construction du mesurage du temps de montée sans filtrage du récepteur de référence.....	50
	Figure 9 – Illustration de plusieurs paramètres du diagramme de l'œil en RZ.....	51
	Figure 10 – Système de coordonnées et masque de l'œil de base.....	52
	Figure 11 – Marges de masque pour différentes tailles de populations d'échantillons.....	54
	Tableau 1 – Caractéristiques de la réponse en fréquence.....	38

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROCÉDURES D'ÉSSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION FIBRONIQUES –**Partie 2-2: Systèmes numériques – Mesure du diagramme de l'œil optique, de la forme d'onde et du taux d'extinction****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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 61280-2-2 a été établie par le sous-comité 86C: Systèmes et dispositifs actifs à fibres optiques, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2008 et constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) définitions supplémentaires;
- b) clarification des procédures d'essai.

La présente version bilingue (2020-09) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2012-10.

La version française de cet amendement n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61280, publiées sous le titre général *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunication à fibres optiques*, 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. À cette date, la publication sera

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

Une version bilingue de cette publication peut être diffusée à une date ultérieure .

Le contenu du corrigendum de février 2015 a été inclus dans ce document.

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.

PROCÉDURES D'ÉSSAI DES SOUS-SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION FIBRONIQUES –

Partie 2-2: Systèmes numériques – Mesure du diagramme de l'œil optique, de la forme d'onde et du taux d'extinction

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61280 a pour objet de décrire une procédure d'essai pour vérifier la conformité à un masque de forme d'onde prédéterminé et mesurer le diagramme de l'œil et les paramètres de la forme d'onde tels que le temps de montée, le temps de descente, l'amplitude de modulation et le taux d'extinction.

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 61280-2-3, *Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunications à fibres optiques – Partie 2-3: Systèmes numériques – Mesures des giges et des dérapages*

3 Termes et définitions

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

3.1

histogramme d'amplitude

moyen graphique d'afficher la distribution de population de puissance ou de tension d'une forme d'onde

3.2

taux de contraste

rapport entre l'amplitude de crête nominale et l'amplitude minimale nominale de deux '1' logiques adjacents lorsqu'une transmission avec retour à zéro est utilisée

3.3

distorsion du cycle de fonctionnement

DCD

mesure de la symétrie entre la largeur temporelle d'un '1' logique et la largeur temporelle d'un '0' logique, indiquée par la durée entre le front montant nominal du diagramme de l'œil au niveau moyen ou au niveau à 50 % et le front descendant nominal du diagramme de l'œil au niveau moyen ou au niveau à 50 %

Note 1 à l'article: L'abréviation «DCD» est dérivée du terme anglais développé correspondant «duty cycle distortion».

3.4

taux d'extinction

rapport entre le niveau nominal d'un '1' et le niveau nominal d'un '0' du diagramme de l'œil

3.5**diagramme de l'œil**

type d'affichage d'une forme d'onde qui présente les performances globales d'un signal numérique en superposant tous les échantillons acquis sur un axe des temps commun sur un intervalle unitaire en largeur

3.6**hauteur de l'œil**

différence entre le niveau '1', mesuré trois écarts-types sous le niveau '1' nominal du diagramme de l'œil, et le niveau '0', mesuré trois écarts-types au-dessus du niveau '0' nominal du diagramme de l'œil

3.7**masque de l'œil**

constellation de formes de polygones qui définissent des régions dans lesquelles le diagramme de l'œil peut ne pas exister, définissant ainsi efficacement la forme admissible de la forme d'onde de l'émetteur

3.8**largeur de l'œil**

différence de temps entre l'étalement de deux points de croisement d'un diagramme de l'œil, chacun mesuré à trois écarts-types vers le centre de l'œil par rapport à leurs positions nominales

3.9**gigue**

écart des transitions logiques d'un signal numérique par rapport à leurs positions idéales dans le temps manifesté dans le diagramme de l'œil comme la largeur temporelle ou l'étalement du point de croisement

3.10**fonction de transfert de gigue observée****OJTF**

rapport entre la gigue affichée ou mesurée et la gigue réelle en fonction de la fréquence de gigue, lorsqu'un système d'essai est synchronisé sur une horloge dérivée du signal mesuré

Note 1 à l'article: L'abréviation «OJTF» est dérivée du terme anglais développé correspondant « Observed Jitter Transfer Function ».

3.11**récepteur de référence**

description de la réponse en fréquence et en phase d'un système d'essai, généralement un filtre passe-bas de Bessel-Thomson du quatrième ordre, utilisé pour analyser des formes d'onde d'émetteur dans l'intention d'obtenir des résultats cohérents lorsque le système d'essai est conforme à cette réponse prévue

3.12**rapport signal sur bruit****S/B**

similaire au facteur Q, rapport entre la différence des niveaux nominaux 1 et 0 du diagramme de l'œil et la somme de l'écart-type du niveau 1 et du niveau 0 du diagramme de l'œil

3.13**intervalle unitaire**

pour le signal en NRZ (non-retour à zéro), l'intervalle unitaire est une période d'un bit ou l'inverse du débit binaire

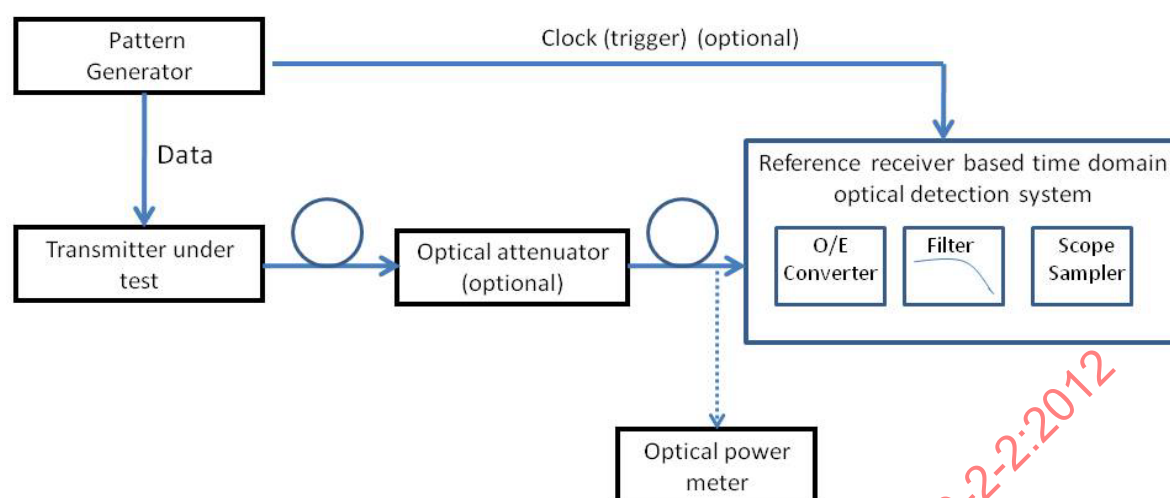
4 Appareillage

4.1 Généralités

Les composants principaux du système de mesure sont un photodétecteur, un filtre passe-bas, un oscilloscope et un appareil de mesure de la puissance optique, comme cela est représenté à la Figure 1. De nombreuses caractéristiques de l'émetteur sont dérivées de l'analyse de la forme d'onde dans le domaine temporel de l'émetteur. Les caractéristiques de la forme d'onde d'un émetteur peuvent varier en fonction de la réponse en fréquence et de la largeur de bande du système d'essai. Pour obtenir des résultats cohérents, le concept de récepteur de référence est utilisé. La définition du récepteur de référence précise la réponse en fréquence et en phase combinée du convertisseur optique-électrique, de tout filtrage et de l'oscilloscope. La réponse en fréquence du récepteur de référence est généralement une conception de filtre passe-bas, qui est décrite davantage en 4.2. À haut débit binaire, la réponse en fréquence du récepteur de référence peut être difficile à obtenir lorsqu'il est configuré à l'aide de différents composants. Il est commun d'intégrer le récepteur de référence dans le système de l'oscilloscope pour obtenir des spécifications du récepteur de référence. L'utilisation d'un filtre passe-bas qui réalise seul les spécifications du récepteur de référence ne donne pas souvent un système d'essai qui atteint la réponse en fréquence exigée.

4.2 Définition de récepteur de référence

Un récepteur de référence suit généralement une réponse de filtre passe-bas de Bessel du quatrième ordre. Une réponse en fréquence de filtre passe-bas bien définie donne des résultats cohérents sur tous les systèmes d'essai conformes à la spécification. Une réponse de filtre passe-bas réduit le bruit du système d'essai et approche la largeur de bande du récepteur réel auquel est associé l'émetteur dans un système de communications réel. Puisque les signaux transitoires, par exemple des oscillations et des suroscillations, qui peuvent entraîner des défaillances du masque de l'œil, sont généralement supprimés par la largeur de bande réduite du récepteur du système, il est approprié d'utiliser une largeur de bande similaire dans un système d'essai d'émetteur. La réponse de phase de Bessel donne un retard de groupe presque constant dans la bande passante, ce qui donne une déformation de phase minimale de la forme d'onde optique dans le domaine temporel. La largeur de bande de la réponse en fréquence est généralement réglée à 0,75 (75 %) du débit binaire. Par exemple, le récepteur de référence pour un signal de 10,0 GBd a une largeur de bande à -3 dB de 7,5 GHz. Pour les signaux en NRZ (non-retour à zéro), cette réponse a la plus petite largeur de bande qui n'entraîne pas une fermeture verticale ou horizontale de l'œil (interférence entre symboles). Lorsque tout le système d'essai réalise la réponse de filtre passe-bas de Bessel du quatrième ordre avec une largeur de bande de 75 % du débit en bauds, il est appelé récepteur Bessel-Thomson de référence. Les signaux en RZ (retour à zéro) exigent un récepteur de référence de largeur de bande supérieure, mais qui n'a été spécifié dans aucun comité de normalisation.



IEC 1897/12

Anglais	Français
Pattern generator	Générateur de motifs
Clock (trigger) (optional)	Horloge (déclenchement) (facultatif)
Data	Données
Transmitter under test	Émetteur en essai
Optical attenuator (optional)	Affaiblisseur optique (facultatif)
Optical power meter	Dispositif de mesure de puissance optique
Reference receiver based time domain optical detection system	Système de détection optique dans le domaine temporel fondé sur un récepteur de référence
O/E converter	Convertisseur O/E
Filter	Filtre
Scope sampler	Oscilloscope à échantillonnage

Figure 1 – Configuration de mesure du diagramme de l'œil optique, de la forme d'onde et du taux d'extinction

4.3 Système de détection optique dans le domaine temporel

4.3.1 Vue d'ensemble

Le système de détection optique dans le domaine temporel démontre la puissance de la forme d'onde optique en fonction du temps. Le système de détection optique est principalement composé d'un convertisseur optique-électrique (O/E) linéaire, d'un filtre passe-bas à phase linéaire et d'un oscilloscope électrique. Le courant de sortie du photodétecteur linéaire doit être directement proportionnel à la puissance optique d'entrée. Lorsque les trois éléments sont combinés dans un instrument, cela donne un oscilloscope optique qui peut être étalonné pour afficher la puissance optique plutôt que la tension, en fonction du temps. Des descriptions plus complètes des équipements sont présentées de 4.3.2 à 4.3.4.

4.3.2 Convertisseur optique-électrique (O/E)

Le convertisseur O/E est généralement une photodiode rapide. Le convertisseur O/E est équipé d'un connecteur optique approprié pour permettre la connexion au point d'interface optique, soit directement, soit par un cordon d'essai optique. Lorsque des signaux de faible puissance doivent être mesurés, le photodétecteur peut être suivi par une amplification électrique. La réponse en fréquence de l'amplification doit être prise en considération parce qu'elle peut influencer sur la réponse en fréquence globale du système d'essai.

Des spécifications précises sont exclues en raison de la grande variété de réalisations possibles, mais les lignes directrices générales sont les suivantes:

- a) plage acceptable de longueurs d'ondes d'entrée, adéquate pour couvrir l'application visée;
- b) réflectance optique à l'entrée suffisamment faible pour éviter des rétroréflexions excessives vers l'émetteur mesuré;
- c) sensibilité et faible bruit, adéquats pour produire un affichage mesurable avec exactitude sur l'oscilloscope. La sensibilité du photodétecteur influence l'amplitude du signal affiché. Les composants électroniques du photodétecteur et de l'oscilloscope génèrent du bruit. Le bruit du système d'essai doit être faible par rapport au signal observé. Si le bruit est important par rapport à la forme d'onde optique détectée, certains mesurages tels que la marge de masque de l'œil peuvent être dégradés. Lorsque le photodétecteur est intégré dans l'oscilloscope du système d'essai, la performance du bruit est spécifiée directement comme un niveau de puissance optique efficace (par exemple, 5 mW). La sensibilité du photodétecteur est utilisée pour étalonner l'échelle verticale de l'instrument. L'impact du bruit est étudié plus en détail en 6.1;
- d) fréquence de coupure basse (à -3 dB), 0 Hz;
- e) un couplage en courant continu est nécessaire pour deux raisons. Premièrement, les mesurages du taux d'extinction ne peuvent pas être réalisés autrement. Deuxièmement, si un couplage en courant alternatif est utilisé, les composantes spectrales basse fréquence du signal mesuré (en dessous de la fréquence de coupure basse du convertisseur O/E) peuvent entraîner des distorsions importantes de la forme d'onde détectée;
- f) fréquence de coupure haute (à -3 dB), plus grande que la largeur de bande nécessaire pour atteindre la réponse du récepteur de référence souhaitée. Noter que -3 dB représente un niveau de tension dans l'oscilloscope qui est 0,707 fois le niveau vu dans la bande passante du filtre;
- g) réponse transitoire, oscillation, sous-oscillation et autres aberrations de forme d'onde, suffisamment mineures pour ne pas interférer avec le mesurage;
- h) affaiblissement de réflexion de la sortie électrique suffisamment grand, de sorte que les réflexions du filtre passe-bas après le convertisseur O/E soient supprimées de manière adéquate, de 0 Hz à une fréquence significativement plus grande que la largeur de bande du filtre passe-bas.

4.3.3 Filtre passe-bas à phase linéaire

Un récepteur de référence est généralement mis en œuvre en plaçant un filtre passe-bas de caractéristiques connues dans le trajet du signal avant les circuits électroniques d'échantillonnage de l'oscilloscope. Les caractéristiques de largeur de bande et de fonction de transfert du filtre passe-bas sont conçues de telle sorte que la réponse combinée de tout le trajet du signal, y compris le convertisseur O/E et l'oscilloscope, satisfasse à la spécification du récepteur de référence.

Certains mesurages des paramètres de forme d'onde optiques sont mieux effectués sans largeur de bande réduite intentionnellement. Les mesurages du temps de montée, du temps de descente, des oscillations, etc., peuvent être améliorés en retirant le filtre passe-bas (voir 4.3.4 et 7.11). Ceci peut être réalisé avec une commutation électronique. Dans ce cas, la largeur de bande à -3 dB du système de mesure doit être suffisamment grande pour permettre la vérification des temps de montée et de descente minimaux (par exemple, un tiers d'un intervalle unitaire), mais suffisamment petite pour éliminer les particularités négligeables de la forme d'onde en haute fréquence. Pour les signaux en NRZ, une largeur de bande de 300 % du débit binaire constitue une valeur type de compromis pour ce type de mesure. Les signaux en RZ peuvent exiger une largeur de bande de 500 % du débit binaire comme valeur type de compromis.

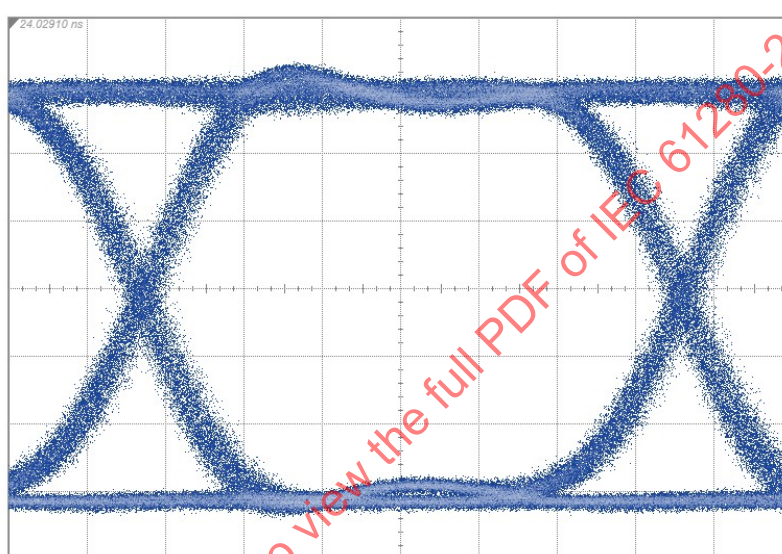
4.3.4 Oscilloscope

L'oscilloscope affichant le diagramme de l'œil optique a généralement une largeur de bande bien supérieure à celle du filtre passe-bas, pour que l'oscilloscope ne soit pas le composant

limitant la largeur de bande du système de mesure. Lorsque les débits binaires deviennent très élevés, la largeur de bande de l'oscilloscope peut avoir un effet plus important sur la réponse globale du récepteur de référence.

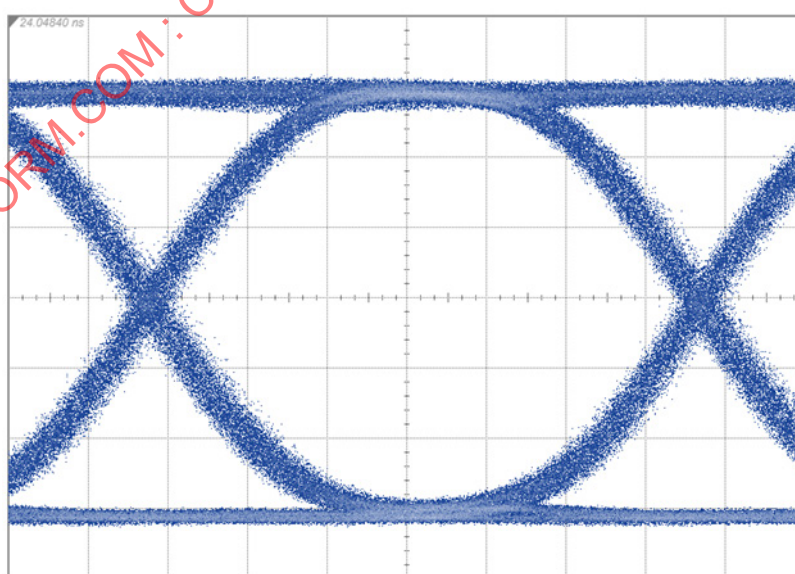
L'oscilloscope est déclenché soit par un signal d'horloge local synchronisé avec le diagramme de l'œil optique, soit par un signal de synchronisation dérivé de la forme d'onde optique elle-même (voir 4.5).

La Figure 2 illustre les largeurs de bande de l'oscilloscope communément utilisées dans les mesures du diagramme de l'œil. La Figure 2(a) représente une forme d'onde de 10 GBd sans le filtre du système de mesure et lorsque la largeur de bande dépasse 20 GHz. La Figure 2B représente le même signal mesuré avec le récepteur de référence de 10 GBd en place (largeur de bande de ~7,5 GHz). Noter que les temps de montée et de descente et la forme de l'œil dépendent de la largeur de bande du système de mesure.



IEC 1898/12

Figure 2(a) - Signal 10 GBd mesuré sans filtre



IEC 1899/12

Figure 2(b) - Signal 10 GBd mesuré avec un récepteur de référence 10 GBd

Figure 2 – Largeurs de bande d'un oscilloscope communément utilisées dans des mesures de diagramme de l'œil

4.4 Réponse globale du système

Indépendamment du type de mesurage du diagramme de l'œil, il convient que le système possède une réponse à phase linéaire à des fréquences allant jusqu'à, et un peu au-delà de, la largeur de bande à -3 dB. Si la réponse en phase est linéaire (le retard du groupe est constant) jusqu'aux fréquences de haut affaiblissement, il convient que les légères variations de la réponse en fréquence n'affectent pas considérablement la forme d'onde affichée ni les mesurages ultérieurs.

Le Tableau 1 donne un exemple de spécifications de récepteur de référence pour une réponse de $0,75/T$, où T est la durée d'un intervalle unitaire. (Les spécifications exactes se trouvent généralement dans la norme sur les communications qui définit les performances de l'émetteur; cet exemple démontrant les tolérances d'affaiblissement types pour un système d'essai de 10 GBd). La conception et la largeur de bande du récepteur de référence pour des signaux en RZ feront l'objet d'une étude ultérieure:

- largeur de bande à -3 dB: $0,75/T$, Hz;
- type de réponse de filtre: Bessel-Thomson du quatrième ordre

Tableau 1 – Caractéristiques de la réponse en fréquence

Fréquence divisée par débit binaire	Affaiblissement nominal dB	Tolérance d'affaiblissement dB	Distorsion maximale du retard de groupe s
0,15	0,1	0,85	–
0,30	0,4	0,85	–
0,45	1,0	0,85	–
0,60	1,9	0,85	$0,002 T$
0,75	3,0	0,85	$0,008 T$
0,90	4,5	1,68	$0,025 T$
1,00	5,7	2,16	$0,044 T$
1,05	6,4	2,38	$0,055 T$
1,20	8,5	2,99	$0,100 T$
1,35	10,9	3,52	$0,140 T$
1,50	13,4	4	$0,190 T$
2,00	21,5	5,7	$0,300 T$

Il convient d'interpréter linéairement sur une échelle de fréquence logarithmique les valeurs d'affaiblissement intermédiaires au-delà de la fréquence à -3 dB.

Il est commun de définir l'amplitude à 0 dB d'une réponse de filtre passe-bas comme le niveau continu. Toutefois, un mesurage de la réponse en fréquence d'un récepteur optique au niveau continu n'est pas réalisable. Ainsi, le niveau à 0 dB peut être associé à la réponse à une très basse fréquence telle que 3 % du débit binaire. Tous les autres niveaux d'affaiblissement sont alors relatifs à la réponse à $0,03/T$. Si la réponse en fréquence du récepteur de référence est connue avec exactitude, l'écart par rapport au cas idéal peut être compensé en utilisant des techniques de traitement des ports.

4.5 Système de synchronisation de l'oscilloscope

4.5.1 Généralités

Les mesurages des émetteurs optiques sont généralement effectués en utilisant des oscilloscopes numériseurs en équivalent temporel communément appelés oscilloscopes à échantillonnage. Cette classe d'oscilloscope nécessite un signal de déclenchement

synchronisé sur signal observé. Toutes les informations de synchronisation dérivées de la forme d'onde dépendent de ce signal de déclenchement.

4.5.2 Déclenchement avec une horloge propre

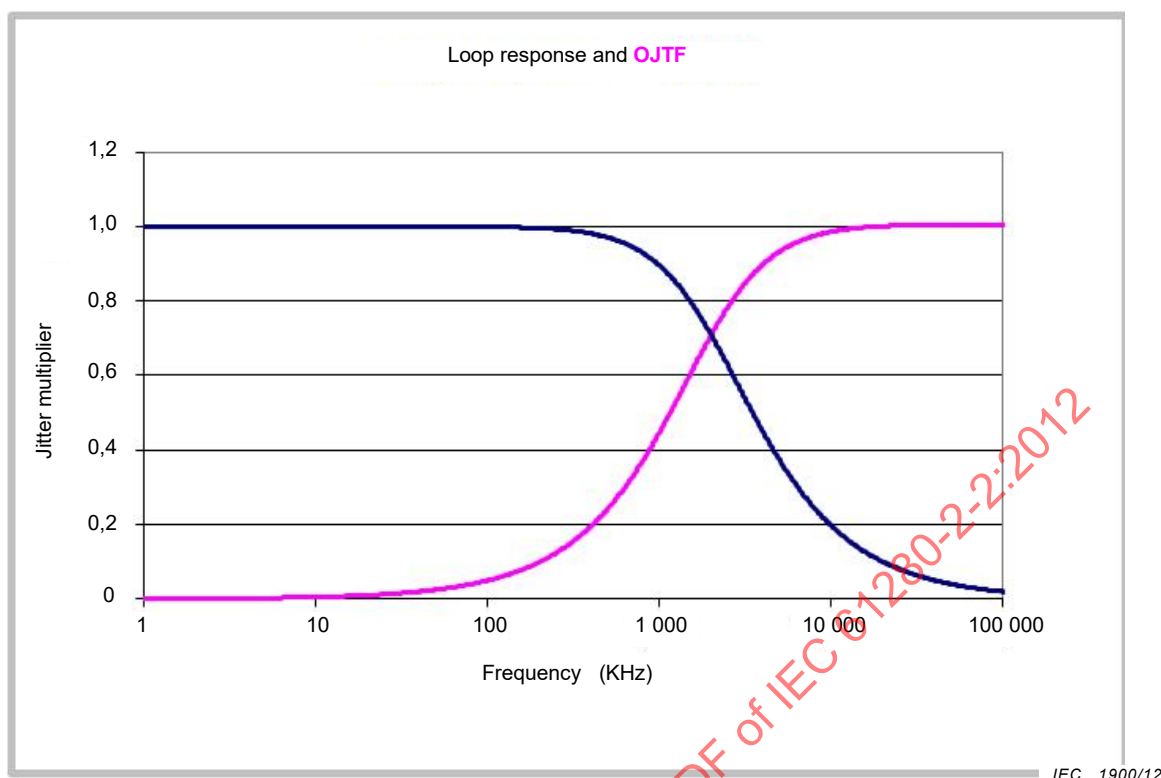
Le signal de déclenchement le plus commun est une horloge système et il peut être utilisé si les normes applicables l'autorisent. Idéalement, la même horloge est utilisée pour générer le flux de données observé (voir Figure 1). Des horloges à des rythmes inférieurs synchrones sont également valides sauf pour effectuer des essais de motifs répétitifs dans lesquels le rapport entre la longueur du motif de données et le rapport de division d'horloge est un nombre entier différent de 1. Des rapports de division entiers entre motif et horloge produisent des diagrammes de l'œil incomplets dans lesquels des bits spécifiques du motif d'essai ne sont jamais observés. Par exemple, si la longueur du motif est 128 bits, il convient d'éviter des rapports de division d'horloge tels que 4, 8 et 32. Toutefois, ces rapports de division d'horloge sont appropriés si la longueur du motif est 127 bits.

4.5.3 Déclenchement avec une horloge récupérée

Les normes applicables exigent souvent que le signal d'horloge de synchronisation soit généré à partir du signal en essai par une récupération d'horloge. Les systèmes de récupération d'horloge sont généralement réalisés avec une certaine forme à boucle de verrouillage de phase (PLL - phase-locked loop) qui se synchronise sur une partie dérivée du signal de l'émetteur. Le déclenchement de l'oscilloscope avec une horloge dérivée du signal observé est à l'origine d'importantes difficultés de mesure. Si le signal de l'émetteur présente une forte instabilité de synchronisation (gigue), il est important de l'observer. Toutefois, si la référence de synchronisation (déclenchement) pour l'oscilloscope a été dérivée du signal de l'émetteur, elle contient certaines des propriétés de la gigue. La gigue affichée peut être nettement réduite puisqu'elle est commune au déclenchement et au signal observé.

La quantité de gigue présente sur le déclenchement avec une horloge extraite dépend de la largeur de bande de la boucle de verrouillage de phase dans le système de récupération d'horloge. Si la largeur de bande de la boucle est étroite, seule la gigue de très basse fréquence est transférée à l'horloge récupérée, qui est alors utilisée pour déclencher l'oscilloscope. Si la largeur de bande de la boucle est large, la gigue de basse fréquence et de haute fréquence est transférée au déclenchement avec une horloge récupérée. Ceci est décrit par la fonction de transfert de gigue (JTF - Jitter Transfer Function) qui est le rapport entre la gigue sur l'horloge récupérée et la gigue sur le signal en essai. La JTF est généralement caractérisée en fonction de la fréquence de gigue et suit une réponse de filtre passe-bas (voir Figure 3).

La gigue commune au déclenchement et au signal d'essai n'est pas affichée sur l'oscilloscope. Si la largeur de bande de la boucle de récupération d'horloge est étroite, la gigue de basse fréquence est supprimée de l'œil affiché, mais la gigue de haute fréquence est affichée. Si la largeur de bande de la boucle est large, la gigue de basse et de haute fréquence est supprimée. Ceci est à l'origine du concept de la fonction de transfert de gigue observée (OJTF). Mathématiquement, l'OJTF est le complément de la JTF de récupération d'horloge (voir Figure 3). En effet, le déclenchement avec une horloge récupérée entraîne un filtrage passe-haut de la gigue affichée. La largeur de bande du filtre est approximativement la largeur de bande de la PLL. La réponse réelle de l'OJTF est une fonction complexe de la fréquence et dépend à la fois de la conception de la PLL et de tout retard entre déclenchement et échantillonnage dans le système d'essai.



Anglais	Français
Loop response and OJTF	Réponse de la boucle et OJTF
Jitter multiplier	Multiplicateur de gigue
Frequency (KHz)	Fréquence (KHz)

Figure 3 – Fonction de transfert de gigue de PLL et fonction de transfert de gigue observée résultante

Le phénomène de l'OJTF peut être utilisé stratégiquement. Dans un système de communications, un émetteur est associé à un récepteur qui a son propre système de récupération d'horloge pour rythmer son circuit de décision. Un tel récepteur peut suivre et donc tolérer la gigue dans la largeur de bande de sa boucle et la gigue peut être présente sur le signal entrant. Ainsi, si la gigue de basse fréquence est présente sur le signal, elle ne dégrade pas les communications au niveau du système. Si cette gigue restait sur le signal observé pendant l'essai, elle peut conduire à une fermeture du diagramme de l'œil et un émetteur viable peut sembler inutilisable. Un système d'essai qui utilise un processus de récupération d'horloge dont la largeur de bande de boucle est similaire à celle du récepteur du système de communications, supprime l'affichage de la gigue de basse fréquence négligeable. Les normes sur les communications définissent généralement la largeur de bande de transfert de gigue observée pour des récepteurs en cours utilisation et pour le mesurage de la forme d'onde et de l'œil. Des signaux acceptables sont définis par les normes sur les communications applicables et il convient de tenir compte du concept de JTF et du concept d'OJTF pour spécifier une gigue d'émetteur admissible.

4.5.4 Déclenchement directement sur des données

Un oscilloscope à échantillonnage peut être déclenché en divisant le signal d'essai après le photodétecteur et en acheminant un signal vers l'entrée de déclenchement. Un déclenchement de données est problématique. Pour toute séquence de deux bits, une seule des quatre combinaisons possibles produit le front exigé pour être un événement de déclenchement valide. Ainsi, environ 75 % des motifs d'essai types ne sont jamais observés sur aucun diagramme de l'œil unique. Comme étudié ci-dessus, la gigue est commune aux données et au déclenchement. La gigue observée est réduite par la suppression de la gigue de l'horloge de

l'émetteur. Il n'y a pas de contrôle sur l'OJTF de la gigue de l'horloge de l'émetteur, dont une grande partie est augmentée par la gigue de haute fréquence des signaux. Cette méthode n'est pas recommandée sauf pour les mesurages de l'OMA (amplitude de modulation optique) (voir 7.4).

Certains oscilloscopes acquièrent des données et réalisent un déclenchement efficace par une récupération d'horloge par post-traitement logiciel. Les algorithmes doivent tenir compte des problèmes qui existent avec un déclenchement matériel et la récupération d'horloge.

4.6 Générateur de motifs

Le générateur de motifs doit être capable de fournir au système des séquences binaires et des motifs de mots programmables, cohérents avec le format du signal (forme d'impulsion, amplitude, etc.), nécessaires à l'entrée de l'interface électrique du système du dispositif d'émission et comme cela est défini par la norme sur les communications appropriée.

4.7 Appareil de mesure de la puissance optique

L'appareil de mesure de la puissance optique utilisé doit avoir une résolution meilleure que 0,1 dB et doit être étalonné pour la longueur d'onde de fonctionnement de l'équipement à soumettre aux essais. Des appareils de mesure de la puissance optique peuvent également être intégrés dans un récepteur optique de référence en surveillant la composante continue du courant de sortie du photodétecteur.

4.8 Affaiblisseur optique

L'affaiblisseur doit être capable d'effectuer des affaiblissements par paliers inférieurs ou égaux à 0,1 dB et il convient qu'il puisse ajuster le niveau d'entrée pour correspondre à la plage acceptable du convertisseur O/E.

Il convient que l'affaiblisseur ne modifie pas la structure des modes du signal en essai. L'affaiblissement total de l'affaiblisseur doit être pris en compte dans tous les mesurages qui exigent des informations absolues sur l'amplitude. Il convient de veiller à éviter une rétro réflexion à l'intérieur de l'émetteur.

4.9 Cordon d'essai

Sauf spécification contraire, les cordons d'essai doivent avoir des propriétés physiques et optiques normalement égales à celles de l'installation de câble avec laquelle l'équipement est destiné à fonctionner. Les cordons d'essai peuvent mesurer entre 2 m et 5 m. Des connecteurs appropriés doivent être utilisés. Des cordons d'essai unimodaux doivent être déployés avec deux boucles de 90 mm de diamètre. Si l'équipement est destiné au fonctionnement multimodal et à une installation de câble qui n'est pas connue, la taille des fibres doit être de 62,5 µm/125 µm.

5 Signal en essai

L'échantillon d'essai doit être un émetteur à fibres optiques spécifié. Les entrées et sorties du système doivent être celles qui sont normalement vues par l'utilisateur du système. L'émetteur d'essai doit être installé dans la configuration de mesure, comme cela est représenté à la Figure 1.

6 Montage des instruments et montage des dispositifs en essai

6.1 Sauf spécification contraire, les conditions normalisées de fonctionnement s'appliquent. La température et l'humidité, ambiantes ou au point de référence, doivent être enregistrées. Une réponse filtrée utilisant le récepteur de référence approprié décrit en 4.2 est utilisée, sauf indication contraire. Laisser suffisamment de temps à l'instrumentation d'essai pour le

préchauffage. Effectuer tous les étalonnages d'instruments recommandés par le fabricant. Un étalonnage du niveau obscur (« dark cal ») est particulièrement important pour les essais du taux d'extinction du diagramme de l'œil. Est appelé « niveau obscur », tout signal résiduel présent dans l'oscilloscope lorsqu'il n'y a aucun signal optique présent à l'entrée. Le mesurage et la suppression du niveau obscur ' b_{dark} ' améliorent l'exactitude de mesure du taux d'extinction. Les niveaux obscurs sont déterminés en plaçant un histogramme vertical autour de la trace du signal observée sur l'oscilloscope lorsqu'absolument aucun signal n'est présent à l'entrée de l'oscilloscope. ' b_{dark} ' est le niveau moyen de l'histogramme. Pour une meilleure exactitude, il convient d'effectuer des étalonnages des niveaux obscurs sur le décalage et l'échelle verticale de l'oscilloscope, définissant à quel taux d'extinction les mesurages sont faits. Ainsi, il peut s'avérer nécessaire de répéter un étalonnage des niveaux obscurs après l'observation des niveaux du signal de l'émetteur. Appliquer une tension/puissance appropriée au système en essai. Suivre les conditions de fonctionnement appropriées. Laisser suffisamment de temps au terminal ou à l'émetteur en essai pour atteindre des conditions de température et de performance stables.

6.2 Selon les conditions normalisées de fonctionnement, toutes les entrées de l'émetteur sont complètement chargées avec un signal au débit binaire complet et avec un motif qui possède un contenu spectral représentatif du fonctionnement réel. Des signaux acceptables sont définis par les normes sur les communications applicables, sinon des données pseudo-aléatoires (généralement $2^{31}-1$) sont utilisées. Il est possible de construire des motifs d'essai qui représentent des signaux de communications réels, bien plus courts que des séquences pseudo-aléatoires de $2^{31}-1$. Ils peuvent être appropriés pour des scénarios d'essai dans lesquels des motifs d'essai extrêmement longs sont problématiques pour certaines architectures d'oscilloscope.

6.3 Utiliser des câbles à fibres optiques appropriés; si nécessaire, connecter l'entrée du convertisseur O/E au point d'interface optique soumis aux essais.

6.4 Ajuster le réglage et le niveau de déclenchement de l'oscilloscope pour obtenir un affichage stable de la forme d'onde.

6.5 Déterminer le débit binaire du signal optique à soumettre aux essais. Sélectionner la réponse en fréquence du récepteur de référence appropriée correspondant au débit binaire et à la spécification de contrôle.

6.6 Connecter le matériel d'essai comme cela est représenté à la Figure 1. Vérifier que la forme d'onde n'est pas corrompue par une moyenne ou une puissance excessive dans l'oscilloscope. Si nécessaire, ajuster l'affaiblisseur optique pour mettre la puissance d'entrée du récepteur de référence dans la plage de niveau de puissance d'entrée spécifiée par le fabricant.

6.7 Régler la base de temps horizontale de l'oscilloscope à afficher à environ 1, 2 intervalles unitaires ou plus, avec au moins un œil complet affiché. Sauf si le système d'essai est capable d'utiliser des données en dehors d'un seul intervalle unitaire simple, les affichages de plusieurs intervalles unitaires entraînent une acquisition de données inefficace, puisqu'un seul intervalle unitaire (ou un diagramme de l'œil) est analysé dans la plupart des systèmes de mesure automatiques.

6.8 Régler l'échelle verticale de l'oscilloscope de manière à afficher toute la forme d'onde sur l'écran. L'exactitude de mesure est généralement améliorée en utilisant le maximum d'échelle verticale. (Par exemple, si l'échelle verticale représente huit divisions, la forme d'onde est affichée sur six ou sept divisions.) Il est commun que les oscilloscopes à échantillonnage automatiques réalisent une mise à l'échelle horizontale et verticale optimale du diagramme de l'œil en utilisant la fonction de mise à l'échelle automatique et il convient que cette fonction affiche le diagramme de l'œil sur la majeure partie de l'échelle verticale disponible.

7 Procédures de mesure

7.1 Vue d'ensemble

Plusieurs paramètres de diagramme de l'œil sont présentés avec des définitions et des procédures de mesure. (Dans certains cas, la complexité de l'algorithme de mesure dépasse le domaine d'application du présent document.)

7.2 Mesurage du taux d'extinction

7.2.1 Configuration du matériel d'essai

Configurer le matériel d'essai comme cela est décrit dans l'Article 6. Sauf spécification contraire, les conditions normalisées de fonctionnement s'appliquent. La température et l'humidité, ambiantes ou au point de référence, doivent être enregistrées.

7.2.2 Procédure de mesure

7.2.2.1 Généralités

Les oscilloscopes à échantillonnage modernes effectuent des mesurages de taux d'extinction automatiquement et il convient qu'ils respectent la procédure de mesure suivante.

7.2.2.2 Construction d'un histogramme d'amplitude, méthode 1

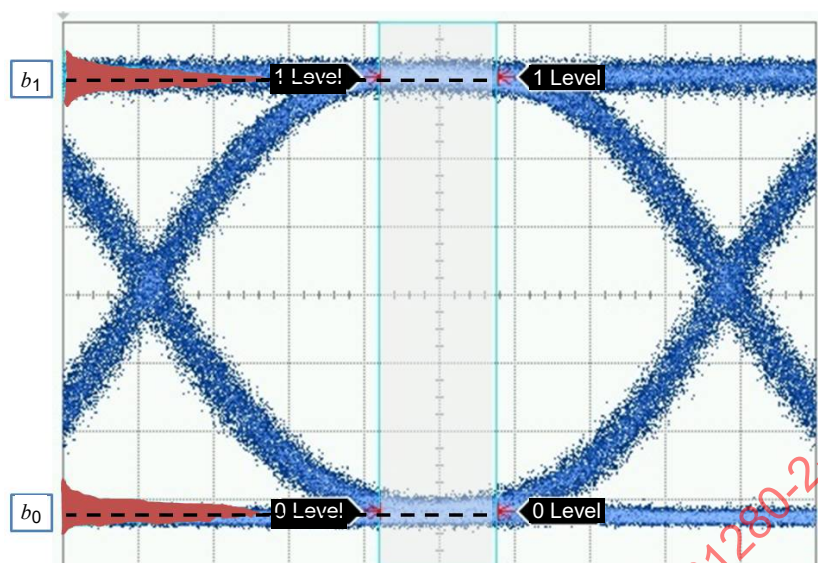
Construire un histogramme d'amplitude qui inclut tous les échantillons présents sur le niveau 1 logique dans les 20 % du centre de l'intervalle unitaire du diagramme de l'œil. b_1 est la valeur moyenne de l'histogramme (voir Figure 4). Le centre de l'œil est défini comme le point milieu entre les deux dates de croisement. La définition exacte peut être donnée par des normes applicables, sinon 0,5 UI de la date moyenne de croisement convient. Il est important d'utiliser des moyennes d'histogramme plutôt que des valeurs de crête pour les raisons suivantes. Il convient de mesurer le taux d'extinction pour les niveaux 1 et 0 logiques regroupés. Des dépendances de motifs de diagramme de l'œil peuvent entraîner des distributions asymétriques et/ou contenir des modes multiples. En outre, si deux modes ou plus dominant et sont d'amplitude proche, la valeur de crête peut commuter entre les modes à mesure que les données sont collectées ce qui entraîne un mesurage instable du taux d'extinction.

7.2.2.3 Construction d'un histogramme d'amplitude, méthode 2

Comme en 7.2.2.2, construire un histogramme d'amplitude qui inclut tous les échantillons présents sur le niveau 0 logique dans les 20 % du centre de l'intervalle unitaire du diagramme de l'œil. b_0 est la valeur moyenne de l'histogramme (voir Figure 4).

7.2.2.4 Construction d'un histogramme d'amplitude

Pour des signaux en RZ (retour à zéro), la procédure de 7.2.2.2 et 7.2.2.3 est utilisée, mais des histogrammes sont construits sur les 5 % du centre de l'œil en RZ. Le centre de l'œil est défini comme la date de la crête de l'œil.



IEC 1901/12

Anglais	Français
Level	Niveau

Figure 4 – Histogrammes centrés sur les 20 % du centre de l'œil utilisés pour déterminer les niveaux 1 et 0 logiques moyens, b_1 et b_0

7.2.3 Calcul du taux d'extinction

Définition du taux d'extinction: rapport de l'énergie optique moyenne au centre d'un niveau 1 logique sur l'énergie optique moyenne au centre d'un niveau 0 logique.

Le taux d'extinction, pour le codage optique en ligne non-retour à zéro (NRZ) et retour à zéro (RZ), peut être déterminé comme le rapport:

Taux d'extinction (linéaire): $(b_1 - b_{\text{dark}}) / (b_0 - b_{\text{dark}})$

Taux d'extinction (décibels): $10 \log_{10}((b_1 - b_{\text{dark}}) / (b_0 - b_{\text{dark}}))$

Taux d'extinction (pourcentage): $100 (b_0 - b_{\text{dark}}) / (b_1 - b_{\text{dark}})$

Noter que lorsque le taux d'extinction est exprimé en pourcentage, plus le rapport « 1/0 » est élevé, plus le pourcentage de taux d'extinction est petit.

Des récepteurs de référence dont la réponse en fréquence s'écarte de la réponse idéale peuvent nuire aux résultats des taux d'extinction. Des erreurs de mesure systématiques peuvent survenir en raison de cette réponse non idéale et en particulier à basses fréquences. Cette erreur peut être quantifiée comme un facteur de correction de taux d'extinction (ERCF-Extinction Ratio Correction Factor) et utilisée pour améliorer le résultat de mesure du taux d'extinction. Les valeurs de l'ERCF sont déterminées en délivrant un signal de taux d'extinction connu au système en essai. L'ERCF est la différence entre le taux d'extinction connu et le taux d'extinction mesuré (tous deux exprimés en pourcentage). Si le taux d'extinction réel est 1 %, mais la valeur mesurée est 1,5 %, l'ERCF vaut -0,5 %. Les mesurages suivants du taux d'extinction sont améliorés en ajoutant l'ERCF à la valeur mesurée. En général, les valeurs de l'ERCF sont uniques pour un système d'essai fondé sur un récepteur optique spécifique de référence. Lorsqu'il est possible de configurer un système d'essai avec des récepteurs de référence pour plusieurs débits binaires, il est probable qu'un unique ERCF soit exigé pour

chaque configuration. Après que le taux d'extinction mesuré a été corrigé, il peut être exprimé en termes linéaires ou en décibels comme suit:

Taux d'extinction corrigé (pourcentage): $100 (b_0 - b_{\text{dark}}) / (b_1 - b_{\text{dark}}) + \text{ERCF}$

Taux d'extinction corrigé (linéaire): $1 / ((100 (b_0 - b_{\text{dark}}) / (b_1 - b_{\text{dark}}) + \text{ERCF}) / 100)$

Taux d'extinction (décibels): $1 - 0 \log_{10} 1 / ((100 (b_0 - b_{\text{dark}}) / (b_1 - b_{\text{dark}}) + \text{ERCF}) / 100)$

7.3 Amplitude de l'œil

7.3.1 L'amplitude de l'œil est similaire à l'OMA (voir 7.4).

7.3.2 L'amplitude de l'œil est la différence entre les valeurs b_1 et b_0 selon 7.2.

7.4 Mesurage de l'amplitude de modulation optique (OMA) utilisant la méthode des ondes carrées

7.4.1 Généralités

Certaines normes relatives aux systèmes de communication exigent une valeur d'OMA sur laquelle les interférences entre symboles n'ont pas d'impact. L'amplitude du 1 logique b_1 est obtenue dans une séquence consécutive de 1 logiques et l'amplitude du 0 logique b_0 est obtenue dans une séquence consécutive de 0 logiques. Le système le plus courant est un émetteur qui génère une séquence se répétant de cinq 1 logiques suivis de cinq 0 logiques. Huit 1 et huit 0 sont également utilisés.

7.4.2 Déclenchement de l'oscilloscope

Le déclenchement de l'oscilloscope est réalisé en utilisant un front de signal qui se produit toutes les N répétitions de la séquence d'onde carrée. Ceci peut être obtenu par un signal d'horloge divisé (débit binaire divisé par N fois la longueur du motif) ou par un déclenchement direct sur le signal en essai. Par exemple, si le signal est cinq 1 suivis de cinq 0, un signal d'horloge avec une fréquence du débit binaire divisé par 10, 20, 30 etc., est valide. Bien que le déclenchement direct sur le signal en essai soit généralement déconseillé, pour le mesurage de l'OMA, un déclenchement soit sur le front montant, soit sur le front descendant des données engendre un affichage correct de la forme d'onde.

7.4.3 Histogramme d'amplitude, étape 1

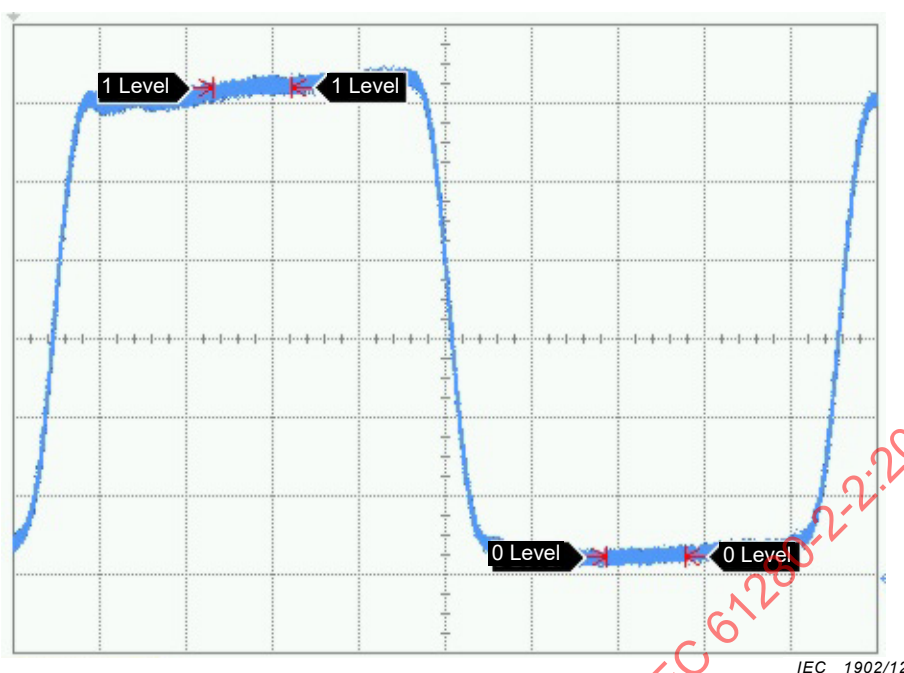
Un histogramme d'amplitude est construit sur tout l'intervalle binaire du bit central (ou une région spécifiée par la norme sur les communications) dans la séquence de 1. b_1 est la moyenne de cet histogramme.

7.4.4 Histogramme d'amplitude, étape 2

Un histogramme d'amplitude est construit sur tout l'intervalle binaire du bit central (ou une région spécifiée par la norme sur les communications) dans la séquence de 0. b_0 est la moyenne de cet histogramme.

7.4.5 Calcul de l'OMA

Voir la Figure 5. L'OMA est la différence entre b_1 et b_0 .



Anglais	Français
Level	Niveau

Figure 5 – Mesurage de l'OMA utilisant la méthode des ondes carrées

7.5 Taux de contraste (pour signaux en RZ)

Définition du taux de contraste (signaux au format en RZ): rapport entre le niveau 1 logique à son état haut et le niveau 1 logique à son état bas lorsqu'il retourne à 0 avant une transition vers un autre 1 logique.

$$(b_{1on} - b_{dark}) / (b_{1off} - b_{dark})$$

Le niveau 1 logique à son état bas général est composé de données à partir des impulsions de 1 logique incluant les impulsions de 0 logique précédentes ou suivantes. Il convient de veiller à réduire l'influence du signal 0 logique dans la construction du mesurage du niveau 1 logique à son état bas.

7.6 Mesurages de la gigue

7.6.1 Comme cela est décrit en 3.9, la gigue est l'écart des transitions logiques d'un signal numérique par rapport à leurs positions idéales dans le temps manifesté dans le diagramme de l'œil comme la largeur temporelle ou l'étalement du point de croisement. Pour le diagramme de l'œil en NRZ, un mesurage de la gigue peut aussi être réalisé au point de croisement lorsque les fronts montants et descendants du diagramme de l'œil se coupent. Ceci fournit une évaluation utile de la gigue globale du signal pendant des transitions aux niveaux 0 et 1 logiques, et de la fermeture de l'œil effective spécifiquement entraînée par cette gigue.

7.6.2 Ce mesurage est réalisé en plaçant verticalement un histogramme étroit positionné au point de croisement du diagramme de l'œil. Les statistiques des histogrammes telles que la propagation crête à crête et l'écart-type peuvent être utilisées pour quantifier la gigue (respectivement, gigue crête-à-crête et gigue efficace). Noter que lorsque la gigue est mesurée au niveau du point de croisement du diagramme de l'œil, elle n'inclut pas de distorsion du cycle de fonctionnement (DCD - Duty Cycle Distorsion), qui peut être considérée comme un élément de la gigue, mais elle est définie et mesurée comme un paramètre individuel dans cette procédure (voir 7.8). En outre, certaines normes sur les communications préfèrent évaluer la gigue à l'amplitude moyenne de l'œil, qui n'est pas du même niveau que le point de croisement