DIN EN IEC 61280-2-8

DIN

ICS 33.180.01

Entwurf

Einsprüche bis 2020-08-19
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61280-2-8:2004-09

Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Kommunikationsuntersysteme – Digitale Systeme – Teil 2-8: Bestimmung von geringen Bitfehlerraten (BERs) mit Hilfe von Q-Faktormessungen (IEC 86C/1639/CD:2019); Text Deutsch und Englisch

Fibre optic communication subsystem test procedures –
Digital systems –
Part 2-8: Determination of low BER using Q-factor measurements
(IEC 86C/1639/CD:2019);
Text in German and English

Procédures d'essai des sous-systèmes de télécommunications à fibres optiques –
Systèmes numériques –
Partie 2-8: Détermination du faible Taux d'Erreur Binaire (TEB) en utilisant les mesures du facteur Q
(IEC 86C/1639/CD:2019);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-06-19 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE oder Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 63 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86C/1639/CD:2019 „Fibre optic communication subsystem test procedures - – Digital systems – Part 2-8: Determination of low BER using Q-factor measurements“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 86C „Fibre optic systems and active devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.2 „Komponenten für Kommunikationskabelanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61280-2-8:2004-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) diese Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe, die 2003 veröffentlicht wurde. Diese Ausgabe stellt eine technische Überarbeitung dar.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

Inhalt

Seite

1 Anwendungsbereich 5
2 Normative Verweisungen 5
3 Begriffe 5
3.1 Begriffe 5
3.2 Abkürzungen 5
4 Messung geringer Bitfehlerraten 6
4.1 Allgemeine Betrachtungen 6
4.2 Hintergründe zum Q-Faktor 7
5 Verfahren mit variabler Entscheidungsschwelle 9
5.1 Überblick 9
5.2 Prüfeinrichtung 12
5.3 Probenahme und Prüflinge 12
5.4 Durchführung 12
5.5 Berechnungen und Auswertung der Ergebnisse 14
5.5.1 Datenmengen 14
5.5.2 Umrechnung der BER mit der inversen Fehlerfunktion 15
5.5.3 Lineare Regression 16
5.5.4 Standardabweichung und Mittelwert 17
5.5.5 Optimale Entscheidungsschwelle 17
5.5.6 Optimale Entscheidungsschwelle für BER 17
5.5.7 Nicht-optimale Entscheidungsschwelle für BER 18
5.5.8 Fehlergrenze 18
5.6 Prüfbericht 18
5.7 Angaben in der Spezifikation 18
6 Verfahren mit variabler optischer Schwelle 18
6.1 Überblick 18
6.2 Prüfeinrichtung 19
6.3 Prüflinge 19
6.4 Verfahren für optische Grundverbindungen 19
6.5 Verfahren für eingebaute Systeme 20
6.6 Auswertung der Ergebnisse 21
Anhang A (normativ) Berechnung der Fehlergrenze für den Wert des Q-Faktors 23
A.1 Berechnung 23
Anhang B (informativ) Sinus-Interferenzverfahren 25
B.1 Einführung 25
B.2 Prüfeinrichtung 25
B.3 Probenahme und Prüflinge 25

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

Seite

B.4 Durchführung ... 26
B.4.1 Optisches Sinus-Interferenzverfahren ... 26
B.4.2 Elektrisches Sinus-Interferenzverfahren ... 27
B.5 Berechnungen und Auswertung der Ergebnisse ... 28
B.5.1 Mathematische Analyse ... 28
B.5.2 Extrapolation ... 28
B.5.3 Erwartete Ergebnisse ... 29
B.6 Prüfbericht ... 30
B.7 Angaben in der Spezifikation ... 30
Literaturhinweise ... 31

Bilder

Bild 1 – Beispiel für ein Augendiagramm mit Bitmustereffekten ... 8
Bild 2 – Genauere Messtechnik mit einem DSO, der die Rauschstatistik zwischen den Augenmitten erfasst ... 9
Bild 3 – Bitfehlerrate als Funktion des Pegels der Entscheidungsschwelle ... 10
Bild 4 – Grafische Darstellung des Q-Faktors als Funktion der Schwellenspannung ... 11
Bild 5 – Prüfaufbau für das Verfahren mit variabler Entscheidungsschwelle ... 13
Bild 6 – Einstellung des Pegels der Anfangsschwelle (etwa in Augenmitte) ... 13
Bild 7 – Effekt von Hintergrundlicht ... 19
Bild 8 – Prüfaufbau für die Prüfung einer optischen Verbindung oder eines Bauelements ... 20
Bild 9 – Prüfaufbau für die Systemprüfung ... 20
Bild 10 – Extrapolation des log BER als Funktion der Voreinstellung ... 22
Bild B.1 – Prüfaufbau für das Sinus-Interferenzverfahren mit optischer Einspeisung ... 26
Bild B.2 – Prüfaufbau für das Sinus-Interferenzverfahren mit elektrischer Einspeisung ... 28
Bild B.3 – BER-Ergebnis aus den Sinus-Interferenzverfahren (Datenpunkte und extrapolierte Gerade) ... 29
Bild B.4 – BER als Funktion der optischen Leistung nach drei verschiedenen Verfahren ... 29

Tabellen

Tabelle 1 – Mittlere Zeit zur Erfassung von 15 Fehlern in Abhängigkeit von BER und Bitrate ... 6
Tabelle 2 – BER als Funktion der Schwellenspannung ... 15
Tabelle 3 – fi als Funktion von D_i ... 16
Tabelle 4 – Werte der Konstanten der linearen Regression ... 17
Tabelle 5 – Mittelwert und Standardabweichung ... 17
Tabelle 6 – Beispiel für eine Prüfung mit optischer Voreinstellung ... 21
Tabelle B.1 – Ergebnisse für die Sinus-Einspeisung ... 27

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Kommunikationsuntersysteme – Digitale Systeme – Teil 2-8: Bestimmung von geringen Bitfehlerraten (BERs) mit Hilfe von Q-Faktormessungen

1 Anwendungsbereich

Der vorliegende Teil der IEC 61280 legt zwei Hauptverfahren zur Ermittlung von geringen Bitfehlerraten durch beschleunigte Messungen fest. Dabei handelt es sich um das Verfahren mit variabler Entscheidungsschwelle (Hauptabschnitt 5) und das Verfahren mit variabler optischer Schwelle (Hauptabschnitt 6). Darüber hinaus wird im Anhang B ein drittes Verfahren, das Sinus-Interferenzverfahren, beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter http://www.electropedia.org/
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter http://www.iso.org/obp

3.1.1
verstärkte spontane Emission
ASE
(en: amplified spontaneous emission)
in optischen Verstärkern erzeugter Güteabfall

3.1.2
Bitfehlerrate
BER
Anzahl der fehlerhaften Bits im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Bits

3.1.3
Nachbarimpulsstörung
ISI
(en: intersymbol interference)
gegenseitige Störung von Symbolen in einem Datenstrom, die gewöhnlich durch Nichtlinearitäten und Begrenzungen der Bandbreite des Übertragungswegs verursacht wird

3.1.4
Q-Faktor
Q
Verhältnis der Differenz zwischen den mittleren Spannungen des 1- und 0-Werts und der Summe von deren Standardabweichungen

3.2 Abkürzungen

a.c.	Wechselstrom
cw	ungedämpfte Welle (bezieht sich üblicherweise auf eine Sinuswelle) (en: continuous wave)

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

d.c.	Gleichstrom
DSO	digitales Abtastoszilloskop (en: digital sampling oscilloscope)
DUT	Prüfling (en: device under test)
erfc	komplementäre Fehlerfunktion (en: complementary error function)
PRBS	pseudostatistische Bitfolge (en: pseudo-random binary sequence)
SNR	Signal-Rausch-Verhältnis (en: signal-to-noise ratio)

4 Messung geringer Bitfehlerraten

4.1 Allgemeine Betrachtungen

LWL-Kommunikationssysteme und -untersysteme können auch bei sehr hohen Bitraten von Natur aus ein außergewöhnlich gutes Fehlerverhalten aufweisen. Die mittlere Bitfehlerrate (BER) darf abhängig von der Art des Systems gewöhnlich im Bereich von 10^{-12} bis 10^{-20} liegen. Obwohl dieses Leistungsmerkmal weit über die praktischen Anforderungen für digitale Signale hinausgeht, ergibt sich ein Vorteil für das Verknüpfen vieler Verbindungen über lange Strecken, ohne dass Fehlerkorrekturverfahren erforderlich werden.

Die Messung dieser geringen Fehlerraten stellt ein besonderes Problem hinsichtlich der zur Messung einer ausreichend großen Anzahl von Fehlern erforderlichen Dauer dar, damit ein statistisch signifikantes Ergebnis erreicht wird. In Tabelle 1 sind die erforderlichen mittleren Zeiten zur Erfassung von 15 Fehlern angegeben. Diese Fehleranzahl kann als statistisch signifikant angesehen werden und bietet eine statistische Sicherheit von 75 % mit einer Streuung von 50 %.

Tabelle 1 – Mittlere Zeit zur Erfassung von 15 Fehlern in Abhängigkeit von BER und Bitrate

BER Bit/s	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}	10^{-15}
1,0M	1,5 s	15 s	2,5 min	25 min	4,2 h	1,7 d	17 d	170 d	4,7 Jahre	47 Jahre
2,0M	750 ms	7,5 s	75 s	750 s	2,1 h	21 h	8,8 d	88 d	2,4 Jahre	24 Jahre
10M	150 ms	1,5 s	15 s	2,5 min	25 min	4,2 h	1,7 d	17 d	170 d	4,7 Jahre
50M	30 ms	300 ms	3,0 s	30 s	5,0 min	50 min	8,3 h	3,5 d	35 d	350 d
100M	15 ms	150 ms	1,5 s	15 s	2,5 min	25 min	4,2 h	1,7 d	17 d	170 d
500M	3 ms	30 ms	300 ms	3,0 s	30 s	5,0 min	50 min	8,3 h	3,5 d	35 d
1,0G	1,5 ms	15 ms	150 ms	1,5 s	15 s	2,5 min	25 min	4,2 h	1,7 d	17 d
10G	150 µs	1,5 ms	15 ms	150 ms	1,5 s	15 s	2,5 min	25 min	4,2 h	1,7 d
40G	38 µs	380 µs	3,8 ms	38 ms	380 ms	3,8 s	38 s	6,3 min	63 min	10,4 h
100G	15 µs	150 µs	1,5 ms	15ms	150 ms	1,5 s	15 s	2,5 min	25 min	4,2 h

Die in Tabelle 1 angegebenen Zeiten zeigen, dass die direkte Messung der geringen von LWL-Systemen zu erwartenden BER-Werte bei der Einrichtung und Wartung nicht durchführbar ist. Diese Schwierigkeit kann überwunden werden, indem der Signal-Rausch-Abstand am Empfänger kontrolliert künstlich verschlechtert wird und damit die BER wesentlich erhöht und die Messzeit verringert wird. Das Fehlerverhalten wird bei unterschiedlichen Pegeln der Verschlechterung gemessen, und die Ergebnisse werden anschließend durch Berechnungen oder grafische Verfahren nach theoretischen oder empirischen Regressionsalgorithmen auf den Nullwert der Verschlechterung extrapoliert.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

Die Schwierigkeit, die sich bei Anwendung von Regressionstechniken zur Ermittlung des Fehlerverhaltens ergibt, besteht darin, dass der theoretische BER-Wert auf den Pegel der Verschlechterung über die inverse komplementäre Fehlerfunktion (*erfc*) bezogen wird. Das heißt, dass sehr kleine Änderungen der Verschlechterung zu sehr großen BER-Änderungen führen; z. B. führt im Bereich eines BER-Werts von 10^{-15} eine Änderung des Pegels der Verschlechterung von etwa 1 dB zu einer Änderung von drei Größenordnungen bei der BER. Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass bei einem auf Extrapolation beruhenden Verfahren eine Absenkung der BER von nur drei Größenordnungen unterhalb des niedrigsten Messwerts möglicherweise nicht erkannt wird.

Es sollte weiterhin beachtet werden, dass bei digital regenerierten Abschnitten die erhaltenen Ergebnisse nur für den regenerierten Abschnitt gelten, deren Empfänger geprüft wird. Fehler, die vor dem regenerierten Abschnitt erzeugt werden, können eine Fehlerplattform bilden, die bei der Bewertung des Fehlerverhaltens des zu prüfenden Regeneratorabschnitts zu berücksichtigen sind.

Wie oben angegeben werden zwei Hauptverfahren zur Ermittlung von geringen BER-Werten durch beschleunigte Messungen beschrieben. Dabei handelt es sich um das Verfahren mit variabler Entscheidungsschwelle (Hauptabschnitt 5) und das Verfahren mit variabler optischer Schwelle (Hauptabschnitt 6). Darüber hinaus wird im Anhang B ein drittes Verfahren, das Sinus-Interferenzverfahren, beschrieben.

Es sollte beachtet werden, dass diese Verfahren zur Ermittlung des Fehlerverhaltens bei Verschlechterungen der Amplitude anwendbar sind. Auch Jitter können das Fehlerverhalten eines Systems beeinflussen, aber dieser Effekt erfordert andere Ermittlungsverfahren. Falls das Fehlerverhalten von Verschlechterungen durch Jitter bestimmt wird, führen die Amplitudenverfahren nach dieser Norm zu BER-Werten, die geringer als die tatsächlichen Werte sind.

Mit dem Verfahren mit variabler Entscheidungsschwelle können der Q-Faktor und die BER von LWL-Systemen mit unbekannter oder nicht vorherzusagender Rauschstatistik am genauesten gemessen werden. Eine wesentliche Einschränkung für die Anwendung des variablen Schwellwertverfahrens zur Messung von Q-Faktor und BER ist jedoch die Notwendigkeit eines Zugangs zur Empfängerelektronik, um die Entscheidungsschwelle zu manipulieren. Bei Systemen, bei denen kein Zugang möglich ist, bietet sich als Alternative das Verfahren mit variabler optischer Schwelle an. Beide Verfahren können hinsichtlich der Messung und Berechnung der Ergebnisse automatisiert werden.

4.2 Hintergründe zum Q-Faktor

Der Q-Faktor ist der Signal-Rausch-Abstand (SNR) am Entscheider und wird gewöhnlich wie folgt angegeben [3][1]:

$$Q = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma_1 + \sigma_0} \tag{1}$$

Dabei sind μ_1 und μ_0 die mittleren Spannungspegel des „1“- bzw. „0“-Werts und σ_1 und σ_0 sind die Standardabweichungen der Rauschverteilung am „1“- bzw. „0“-Wert.

Bei einer genauen Bewertung des Übertragungsverhaltens eines Systems oder des Q-Faktors müssen die Auswirkungen aller Quellen der Verschlechterung des Betriebsverhaltens berücksichtigt werden, sowohl die elementaren Störungen als auch die real vorliegenden Störungen. Zwei wichtige Quellen sind Rauschen durch verstärkte spontane Emission (ASE) und Intersymbolinterferenz (ISI). Der Ursprung von additivem Rauschen liegt hauptsächlich in der ASE von optischen Verstärkern. ISI entsteht durch viele Effekte wie chromatische Dispersion, Fasernichtlinearitäten, Mehrweginterferenzen, Polarisationsmodendispersion und Verwendung von Elektronik mit endlicher Bandbreite. Es können natürlich auch andere Effekte vorliegen, so kann z. B. eine schlechte Impedanzanpassung Verschlechterungen wie lange Abfallzeiten oder unkontrolliertes Schwingen an einer Wellenform hervorrufen.

Ein mögliches Verfahren zur Messung des Q-Faktors ist das Verfahren mit dem Spannungshistogramm, bei dem ein digitales Abtastoszilloskop zur Messung von Spannungshistogrammen in der Mitte eines binären Auges zur Bewertung des Q-Faktors der Wellenform benutzt wird [4]. Bei diesem Verfahren wird als Stimulus

[1] Die Zahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

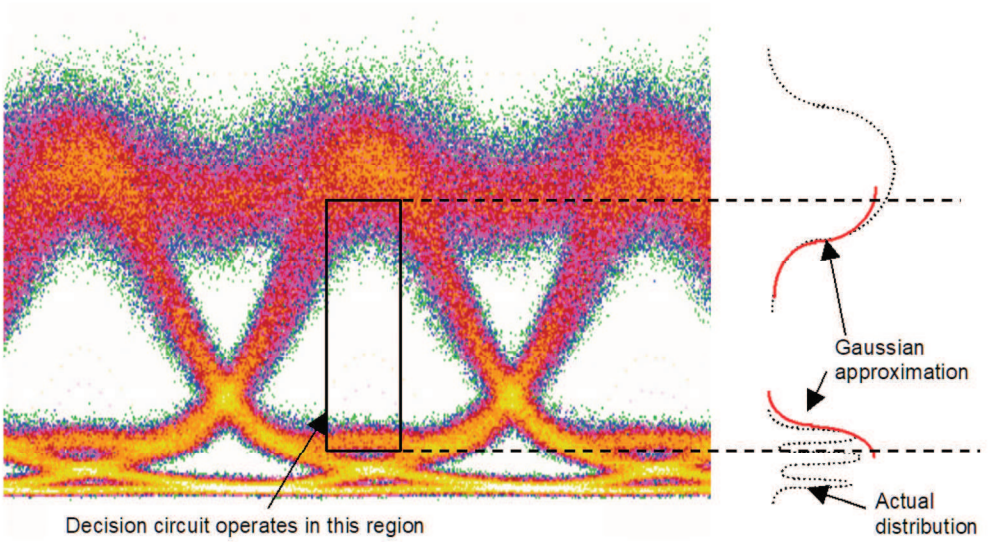
Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

ein Bitmustergenerator benutzt, und mit dem Oszilloskop werden die empfangene Augenöffnung und die Standardabweichung des in beiden Spannungsverläufen vorliegenden Rauschens gemessen. Als grobe Näherung stellt die sichtbare Flanke des Rauschens die 3-σ-Punkte einer angenommenen Gaußverteilung dar. Der Vorteil bei der Anwendung eines Oszilloskops zur Augenmessung besteht darin, dass die Messung schnell bei realem Verkehr und mit einem Minimum an Ausrüstung vorgenommen werden kann.

Das Oszilloskopverfahren zur Messung des Q-Faktors weist mehrere Mängel auf. Wenn es zur Augenmessung von Hochgeschwindigkeitsdaten (in der Größenordnung von mehreren Gbit/s) benutzt wird, ermöglicht die begrenzte digitale Abtastrate des Oszilloskops (oft im Bereich weniger hundert Kilohertz) nur die Verwendung einer kleinen Minderheit des Hochgeschwindigkeitsdatenstroms zur Messung des Q-Faktors. Längere Untersuchungszeiten können die Auswirkung der langsamen Abtastung verringern. Ein schwerwiegenderer Mangel besteht darin, dass die Schätzungen des Q-Faktors aus den Spannungshistogrammen in der Augenmitte oft ungenau sind. Verschiedene Bitmustereffekte und additives Rauschen von der Frontelektronik des Oszilloskops können oft die reale Streuung des Rauschens verdecken.

Bild 1 zeigt ein Beispiel für ein Augendiagramm eines arbeitenden Systems. In diesem Bild ist zu sehen, dass die senkrechten Histogramme durch die Augenmitte Bitmustereffekte aufweisen (weniger offensichtlich ist das Rauschen, das von der Frontelektronik des Oszilloskops hinzugefügt wird). Die Voraussage des Verhältnisses zwischen dem so gemessenen Q-Faktor und der tatsächlich mit einem Prüfaufbau gemessenen BER ist schwierig.



ANMERKUNG Die Daten zur Messung des Q-Faktors werden dem Ende der Gaußverteilung entnommen.

Bild 1 – Beispiel für ein Augendiagramm mit Bitmustereffekten

Bild 2 zeigt einen anderen möglichen Weg zur Messung des Q-Faktors mit einem Oszilloskop. Diese Messung beruht darauf, mit der Augenmitte die Augenöffnung und mit der Fläche zwischen den Augenmitten das Rauschen zu ermitteln. Der Beitrag von Bitmustereffekten zur Breite des Histogramms wird damit verringert. Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass es auf Messungen beruht, die in einem Augenabschnitt durchgeführt werden, den der Empfänger tatsächlich nie benutzt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

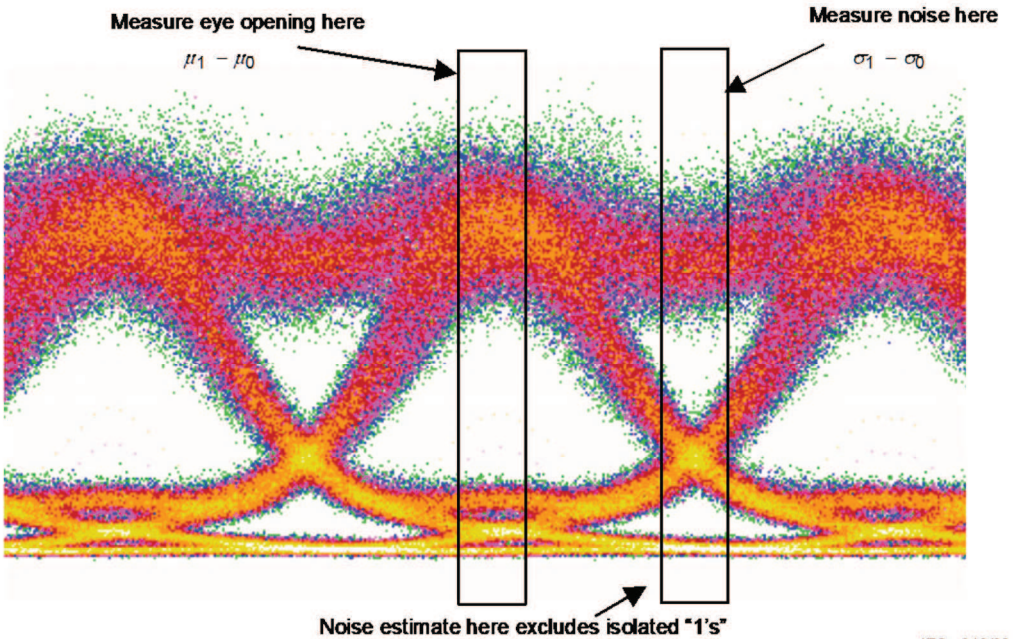


Bild 2 – Genauere Messtechnik mit einem DSO, der die Rauschstatistik zwischen den Augenmitten erfasst

Das lässt darauf schließen, dass bei beiden Verfahren mit dem Oszilloskop die Schätzungen für σ_1 und σ_0 zu hoch sind und die Messergebnisse für den Q-Faktor immer eine untere Grenze für den tatsächlichen Q-Faktor ergeben. Das ist jedoch nicht unbedingt der Fall. Es besteht die Möglichkeit, dass die Histogrammverteilungen auf andere Weise verzerrt werden, z. B. so verschoben werden können, dass die Mittelwerte die Augenöffnung zu groß einschätzen und der sich ergebende Q -Faktor tatsächlich keine untere Grenze darstellt. Es besteht leider keine einfach anzugebende Beziehung zwischen Q -Faktormessungen mit dem Oszilloskop und dem BER-Verhalten.

5 Verfahren mit variabler Entscheidungsschwelle

5.1 Überblick

Dieses Verfahren zur Bewertung des Q-Faktors beruht auf Verwendung eines Frontempfängers mit einer variablen Entscheidungsschwelle. Es sind einige Messmittel zur Messung der BER des Systems erforderlich. Üblicherweise wird die Messung mit einem Fehlerprüfaufbau mit einer pseudostatistischen Bitfolge (PRBS) durchgeführt, es gibt aber alternative Techniken, bei denen der Betrieb mit realem Verkehr möglich ist. Die Messung beruht auf der Tatsache, dass für ein Datenauge mit Gaußscher Statistik die BER analytisch wie folgt berechnet werden kann:

$$BER(V_{\text{th}}) = \frac{1}{2}\left(erfc\left(\frac{|V_{\text{th}} - \mu_1|}{\sigma_1} \right) + erfc\left(\frac{|V_{\text{th}} - \mu_0|}{\sigma_0} \right) \right) \quad (2)$$

Dabei ist

μ_1, μ_0 und σ_1, σ_0 die Mittelwerte bzw. die Standardabweichungen der „1“- und „0“-Datenwerte;

V_{th} die Entscheidungsschwelle;

$erfc(.)$ die komplementäre Fehlerfunktion mit

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

$$erfc(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x}^{\infty} e^{-\beta^2/2} d\beta \cong \frac{1}{x\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2} \quad (3)$$

(Die Näherung ist für x > 3 annähernd genau.)

Die in Gleichung (2) angegebene BER ist die Summe aus zwei Termen. Der erste Term ist die bedingte Entscheidungswahrscheinlichkeit, dass eine „0“ empfangen wird, wenn eine „1“ gesendet wurde und der zweite Term ist die Entscheidungswahrscheinlichkeit, dass eine „1“ empfangen wird, wenn eine „0“ gesendet wurde.

Zur Umsetzung dieser Technik wird die BER als Funktion der Schwellenspannung gemessen (siehe Bild 3). Anschließend werden mit Gleichung (2) die Daten in eine grafische Darstellung des Q-Faktors als Funktion des Schwellenwerts umgewandelt, wobei der Q-Faktor das Argument der komplementären Fehlerfunktion beider Terme in Gleichung (2) ist. Für diese Umwandlung wird die Näherung vorgenommen, dass die BER von nur einem der Terme in Gleichung (2) dominiert wird, abhängig davon, ob der Schwellenwert näher am „1“- oder am „0“-Wert des Augendiagramms liegt.

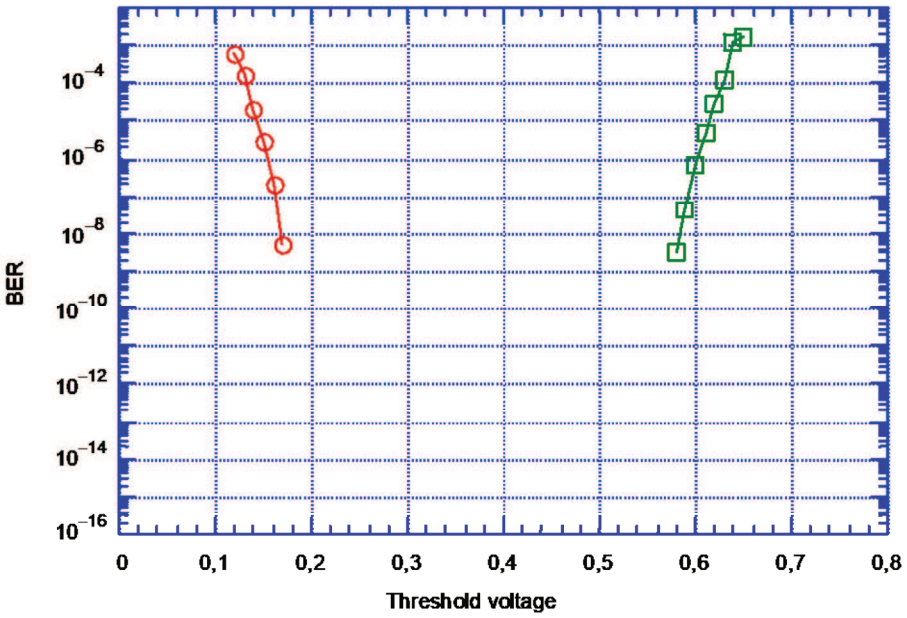


Bild 3 – Bitfehlerrate als Funktion des Pegels der Entscheidungsschwelle

Bild 4 zeigt die Ergebnisse der Datenumwandlung aus Bild 3 in einer grafischen Darstellung des Q-Faktors in Abhängigkeit vom Schwellenwert. Der optimale Wert des Q-Faktors sowie die optimale Einstellung des Schwellenwerts, die zum Erreichen dieses Q-Faktors erforderlich ist, werden aus dem Schnittpunkt der beiden am besten angepassten Geraden durch die Daten erhalten. Diese Technik wird im Einzelnen in [2] beschrieben.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

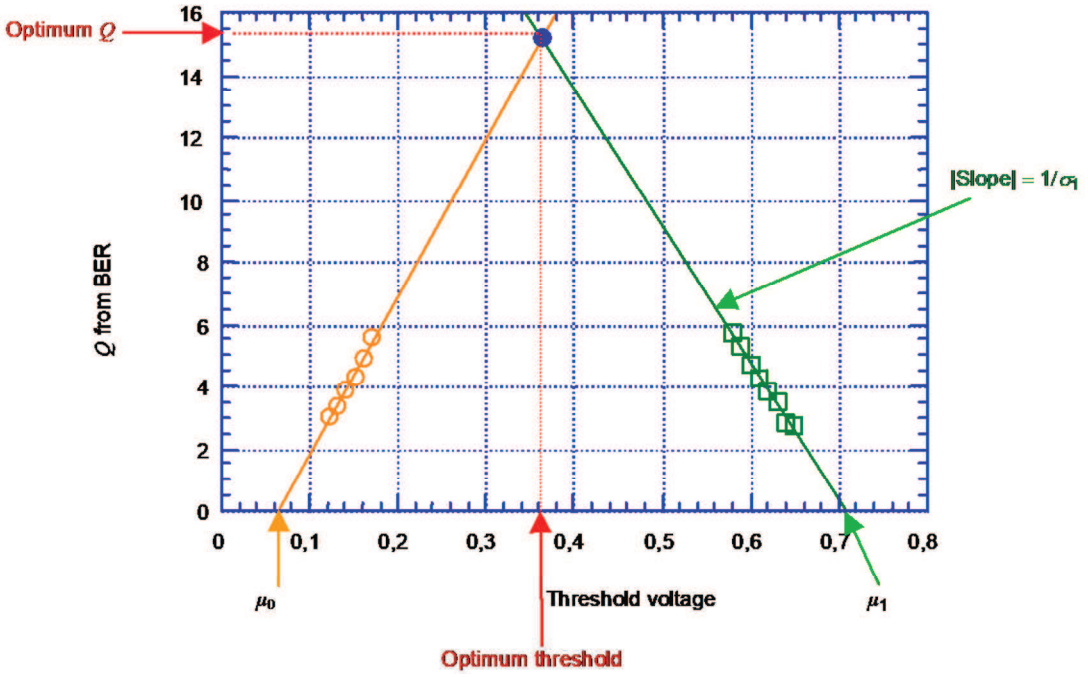


Bild 4 – Grafische Darstellung des Q-Faktors als Funktion der Schwellenspannung

Der optimale Schwellenwert sowie der optimale Q-Faktor können analytisch durch Anwendung folgender Näherung [1] für die inverse Fehlerfunktion ermittelt werden:

$$\left[\log\left\{\frac{1}{2}erfc(x)\right\}\right]^{-1} \approx 1{,}192 - 0{,}6681x - 0{,}0162x^2 \tag{4}$$

Dabei ist x der log (BER).

ANMERKUNG 1 Die Genauigkeit von Gleichung (4) beträgt für den BER-Bereich von 10^{-5} bis 10^{-10} ± 0,2 %.

Nach Ermittlung der inversen Fehlerfunktion werden die Daten in Abhängigkeit vom Pegel der Entscheidungsschwelle V_{th} aufgezeichnet. Wie in Bild 4 dargestellt, wird an jede Datenmenge durch lineare Regression eine Gerade angepasst. Die entsprechende Streuung und der Mittelwert für die Berechnung des Q-Faktors sind durch den Anstieg bzw. den Schnittpunkt gegeben.

Es kann abgelesen werden, dass die geringste BER bei einem optimalen Schwellenwert $V_{\text{th-optimal}}$ eintritt, wenn die beiden Terme im Argument von Gleichung (2) gleich sind, d. h.:

$$\frac{\left(\mu_1 - V_{\text{th-optimal}}\right)}{\sigma_1} = \frac{\left(V_{\text{th-optimal}} - \mu_0\right)}{\sigma_0} = Q_{\text{opt}} \tag{5}$$

Ein expliziter Ausdruck für $V_{\text{th-optimal}}$ mit $\mu_{1,0}$ und $\sigma_{1,0}$ kann aus Gleichung (5) abgeleitet werden mit:

$$V_{\text{th-optimal}} = \frac{\sigma_0\mu_1 + \sigma_1\mu_0}{\sigma_0 + \sigma_1} \tag{6}$$

Der Wert für Q_{opt} wird mit Gleichung (1) ermittelt. Die Rest-BER beim optimalen Schwellenwert kann mit Gleichung (2) ermittelt werden und ist annähernd:

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

$$BER_{\text{optimal}} \cong \frac{e^{-\left(Q_{\text{opt}}^2/2\right)}}{Q_{\text{opt}}\sqrt{2\pi}} \tag{7}$$

ANMERKUNG 2 Diese Näherung ist für $Q_{\text{opt}} > 3$ annähernd genau.

Es sollte beachtet werden, dass trotzdem das variable Schwellenwertverfahren die Gaußsche Statistik benutzt, genaue Ergebnisse für Systeme mit nicht Gaußscher Rauschstatistik geliefert werden, wie beispielsweise auch für die nicht Gaußsche Statistik, die in einem üblichen optisch verstärkten System besteht [5][6]. Dies ist durch Untersuchung von Bild 1 zu erkennen. Der Entscheider eines Empfängers arbeitet nur im inneren Bereich des Auges. Das bedeutet, dass der einzige Teil des senkrechten Histogramms, der benutzt wird, das „Ende“ ist, das in das Auge hineinragt. Das Verfahren mit variabler Entscheidungsschwelle entspricht der Aufstellung einer Gaußschen Näherung für das Ende der tatsächlichen Verteilung im Bereich der Augenmitte, wo es den Empfängerbetrieb direkt beeinflusst. Wie das Beispiel in Bild 1 zeigt, gibt diese Gaußsche Näherung überhaupt nicht die tatsächliche Histogrammverteilung wieder, was aber für die Ermittlung des Q-Faktors auch nicht erforderlich ist.

Eine andere Art der Betrachtung des Verfahrens mit variabler Entscheidungsschwelle ist die Vorstellung, dass das tatsächliche Datenauge durch ein fiktives Auge mit einer Gaußschen Statistik ersetzt wird. Die beiden Augendiagramme besitzen das gleiche Verhalten der BER in Abhängigkeit von der Spannung der Entscheidungsschwelle, so dass es angemessen ist, ihnen den gleichen Wert des Q-Faktors zuzuordnen, auch wenn die Einzelheiten des vollständigen Augendiagramms sehr verschieden sein können. Es muss natürlich berücksichtigt werden, dass diese Analyse nicht für Systeme gültig ist, bei denen Rauschquellen vorherrschen, deren „Enden“ der Form nach nicht annähernd Gauß-verteilt sind, wie es z. B. in einem System der Fall ist, in dem Übersprechen und Modenrauschen vorherrschen. Bei der Durchführung dieser Messungen ist ein gutes Zeichen für das Vorhandensein solcher Rauschquellen, wenn die Daten des Q-Faktors in Abhängigkeit vom Schwellenwert nicht an eine Gerade angepasst werden können.

Es wurde experimentell nachgewiesen, dass die Werte des Q-Faktors, die beim Verfahren mit variabler Entscheidungsschwelle gemessen wurden, eine statistisch gültige Korrelation mit den tatsächlichen BER-Messungen aufweisen.

5.2 Prüfeinrichtung

Die Prüfeinrichtung besteht aus einem Fehleranalysator mit einem Bitmustergenerator und einem Detektor der Bitfehlerrate.

5.3 Probenahme und Prüflinge

Der Prüfling ist ein digitales LWL-System, das aus einem elektrooptischen Sender auf der einen Seite und einem optoelektronischen Empfänger auf der anderen Seite besteht. Zwischen Sender und Empfänger kann sich ein optisches Netzwerk mit Verbindungen über Lichtwellenleiter befinden (z. B. ein DWDM-Netzwerk).

5.4 Durchführung

Daten für die Messung des Q-Faktors werden sowohl im oberen „1“-Bereich als auch im unterem „0“-Bereich des Auges als BER (über den Bereich von 10^{-5} bis 10^{-10}) in Abhängigkeit von der Entscheidungsschwelle erfasst. Der entsprechende Mittelwert (μ) und die entsprechende Streuung (σ) bei 1 und 0 werden durch Anpassen dieser Daten an eine Gaußsche Kurve ermittelt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

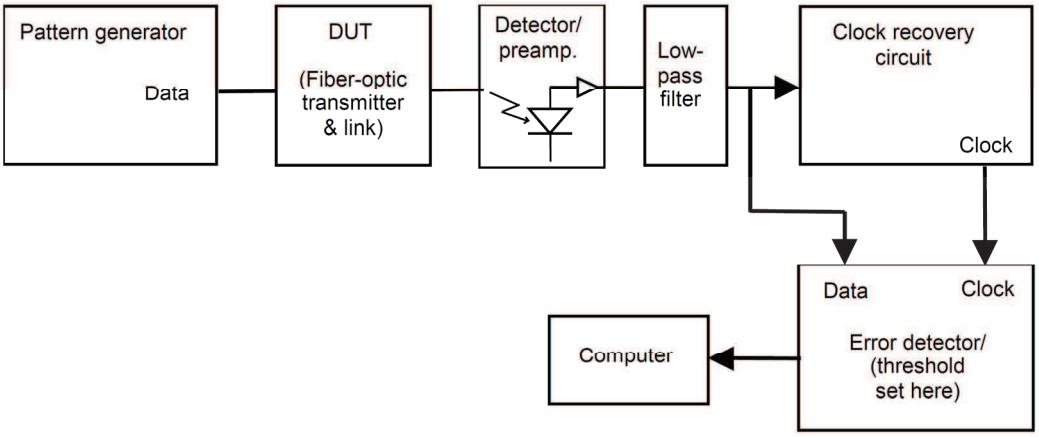


Bild 5 – Prüfaufbau für das Verfahren mit variabler Entscheidungsschwelle

Anschließend wird mit Gleichung (1) der Q-Faktor berechnet.

a) Der Bitmustergenerator und der Fehlerdetektor werden nach Bild 5 an das zu prüfende System angeschlossen.

b) Die Taktquelle wird auf die gewünschte Frequenz eingestellt.

c) Das Bitmuster des Bitmustergenerators, die Daten- und Taktamplitude, Offset, Polarität und Abschluss werden wie gefordert eingestellt.

d) Das Bitmuster des Fehlerdetektors, Datenpolarität und Abschluss werden wie gefordert eingestellt.

e) Die Spannung der Entscheidungsschwelle und die Dateneingabeverzögerung werden so eingestellt, dass ein Abtastpunkt erhalten wird, der etwa in der Mitte des Datenauges liegt, wie in Bild 6 dargestellt. Das ist der Anfangsabtastpunkt.

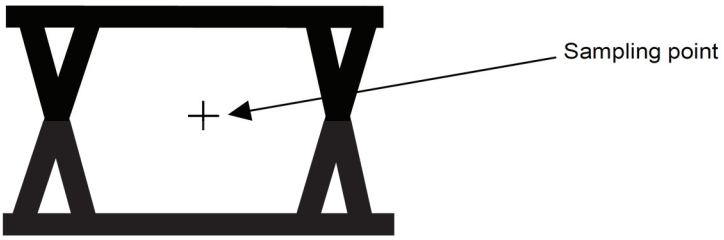


Bild 6 – Einstellung des Pegels der Anfangsschwelle (etwa in Augenmitte)

f) Die Torsteuerfunktion des Fehlerdetektors wird freigegeben und auf einen Fehlerdurchlass von mindestens 10, 100 oder 1 000 Fehlern eingestellt.

g) Die Spannung der Entscheidungsschwelle des Fehlerdetektors wird in positiver Richtung eingestellt, bis die gemessene BER auf einen Wert über 1×10^{-10} ansteigt. Die Spannung der Entscheidungsschwelle (V_{b1}) und BER werden aufgezeichnet.

h) Die Spannung der Entscheidungsschwelle wird erhöht, bis BER über 10^{-5} steigt, und die Spannung der Entscheidungsschwelle (V_{a1}) und BER werden aufgezeichnet.

i) Es ist der Abstand zwischen beiden Schwellenwerten V_{a1} und V_{b1} aufzuzeichnen und eine Schrittweite (V_{step1}) auszuwählen, die eine angemessene Anzahl (größer als 5) von Messpunkten zwischen diesen beiden Extremwerten der Entscheidungsschwelle darstellt. Beginnend mit dem Schwellenwert V_{a1} wird dieser um die Schrittweite V_{step1} erhöht. Bei jedem Schritt erfolgt eine Abtastmessung am Fehlerdetektor. Der gemessene BER-Wert und die entsprechende Spannung der Entscheidungsschwelle werden aufgezeichnet.

j) Die Abtastmessung des Fehlerdetektors erfasst Daten und Fehlerinformationen, bis die Mindestanzahl an Fehlern (wie in f) festgelegt) aufgezeichnet wurde. Die Erfassung einer größeren Mindestfehleranzahl liefert eine statistisch genauere BER jedoch auf Kosten der Messzeit, vor allem bei der Messung gerin-

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

ger BER-Werte. Für ein statistisch signifikantes Ergebnis sollte die gezählte Fehlerzahl nicht unter 15 liegen.

k) Die Messung wird fortgesetzt, bis die gemessene BER unter 10^{-10} fällt. Diese Menge von Spannungen der Entscheidungsschwelle in Abhängigkeit von BER ist die Datenmenge für „1“.

l) Die Spannung der Entscheidungsschwelle wird wieder auf den Wert des Anfangsabtastpunkts eingestellt und dann in negativer Richtung fortgefahren, bis BER wieder über 10^{-10} steigt. Der Schwellenwert (V_{b0}) und BER werden aufgezeichnet.

m) Die Spannung der Entscheidungsschwelle wird erhöht, bis BER über 10^{-5} steigt, und die Spannung der Entscheidungsschwelle (V_{a0}) und BER werden aufgezeichnet.

n) Es ist der Abstand zwischen beiden Schwellenwerten V_{a0} und V_{b0} aufzuzeichnen und eine Schrittweite (V_{step0}) auszuwählen, die eine angemessene Anzahl (größer als 5) von Messpunkten zwischen diesen beiden Extremwerten der Entscheidungsschwelle darstellt. Beginnend mit dem Schwellenwert V_{a0} wird dieser um die Schrittweite V_{step0} erhöht. Bei jedem Schritt erfolgt eine Abtastmessung am Fehlerdetektor. Der gemessene BER-Wert und die entsprechende Spannung der Entscheidungsschwelle werden aufgezeichnet.

o) Die Messung wird fortgesetzt, bis die gemessene BER unter 1×10^{-10} fällt. Diese Menge von Spannungen der Entscheidungsschwelle in Abhängigkeit von BER ist die Datenmenge für „0“.

5.5 Berechnungen und Auswertung der Ergebnisse

5.5.1 Datenmengen

Das Verfahren nach 5.4 liefert zwei Datenmengen (für den „0“- und den „1“-Wert) in folgender Form:

$$\begin{bmatrix} D_1, BER_1 \\ D_2, BER_2 \\ . \\ . \\ D_n, BER_n \end{bmatrix}$$

mit

D_i die Spannung der Entscheidungsschwelle für den „i“ten Ablesewert (für i = 1, 2,..., n);

BER_i die Bitfehlerrate für den „i“ten Ablesewert (für i = 1, 2,..., n);

n die Gesamtzahl der Datenpaare.

ANMERKUNG Die Gesamtzahl der Datenpaare für den „0“- und den „1“-Wert muss nicht gleich sein.

In einem tatsächlichen Versuch wurden beispielsweise folgende Spannungs- und BER-Werte ermittelt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

Tabelle 2 – BER als Funktion der Schwellenspannung

„1“-Wert		„0“-Wert	
Schwellenspannung V	BER	Schwellenspannung V	BER
–1,75	5,18E-05	–4,37	8,76E-05
–1,80	2,09E-05	-4,34	1,90E-05
–1,85	7,33E-06	–4,31	5,18E-06
–1,90	2,77E-06	–4,28	1,06E-06
–1,95	9,61E-07	–4,25	2,12E-07
–2,00	1,96E-07	–4,22	3,45E-08
–2,05	6,30E-08	–4,19	3,52E-09
–2,10	1,95E-08	–4,16	2,77E-10
–2,15	3,45E-09		
-2,20	1,39E-09		

5.5.2 Umrechnung der BER mit der inversen Fehlerfunktion

Jeder BER-Wert wird dann mit einer inversen Fehlerfunktion unter Anwendung der folgenden Näherung nach Gleichung (4) umgerechnet.

$$f_i = \left[\log\left\{ \frac{1}{2} erfc(x_i) \right\} \right]^{-1} = 1{,}192 - 0{,}6681\{x_i\} - 0{,}0162\{x_i\}^2 \quad (8)$$

Dabei ist $x_i = \log_{10}(BER_i)$.

Dabei werden zwei Datenmengen (für „1“ und „0“) in folgender Form erzeugt:

$$\begin{bmatrix} D_1, f_1 \\ D_2, f_2 \\ . \\ . \\ D_n, f_n \end{bmatrix}$$

Diese Werte sollten annähernd eine Gerade ergeben.

Mit den Werten in Tabelle 2 ergeben sich folgende Datenmengen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

Tabelle 3 – fi als Funktion von D_i

„1“-Wert		„0“-Wert	
D_i V	f_i	D_i V	f_i
–1,75	3,757 8	–4,37	3,636 0
–1,80	3,963 8	–4,34	3,984 7
–1,85	4,195 6	–4,31	4,270 6
–1,90	4,404 3	–4,28	4,605 2
–1,95	4,625 7	–4,25	4,929 3
–2,00	4,944 9	–4,22	5,275 7
–2,05	5,162 9	–4,19	5,682 3
–2,10	5,379 9	–4,16	6,097 5
–2,15	5,685 8		
–2,20	5,839 0		

5.5.3 Lineare Regression

Mit den oben angegebenen Daten wird eine lineare Regression durchgeführt, um mit einer Gleichung der folgenden Form nacheinander jede Datenmenge an eine Gerade anzupassen:

$$Y = A + BX$$

Dabei ist

$Y = \left[\frac{1}{2} erfc(BERT)\right]^{-1}$ (*$[F]^{-1}$ die inverse Fehlerfunktion von F),

X = D (Spannung der Entscheidungsschwelle).

Mit n Datenpunkten je Menge sollten dann für die obere („1“) und die untere („0“) Datenmenge folgende Berechnungen durchgeführt werden [7]:

$$B = \frac{\sum XY - \frac{\left(\sum X\right)\left(\sum Y\right)}{n}}{\sum X^2 - \frac{\left(\sum X\right)^2}{n}}$$

$$R^2 = \frac{\left(\sum XY - \frac{\left(\sum X\right)\left(\sum Y\right)}{n}\right)^2}{\left(\sum X^2 - \frac{\left(\sum X\right)^2}{n}\right)\left(\sum Y^2 - \frac{\left(\sum Y\right)^2}{n}\right)} \quad (9)$$

$$A = \frac{\sum Y}{n} - B\frac{\sum X}{n}$$

Dabei ist

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

R^2 der Koeffizient der Berechnung (ein Maß dafür, wie gut die Daten an die Gerade angepasst sind);

$\sum$ die Summe der Werte von 1 bis n.

Unter Verwendung der in Tabelle 3 angegebenen Werte ergibt sich:

Tabelle 4 – Werte der Konstanten der linearen Regression

„1“-Wert			„0“-Wert		
A	*B*	*R*	*A*	*B*	*R*
–4,6125	–4,763 8	0,998 9	53,98 9	11,530 7	0,998 4

5.5.4 Standardabweichung und Mittelwert

$\sigma = \left| -\frac{1}{B} \right|$ (Standardabweichung des „1“- oder „0“-Rauschbereichs)

$\mu = \frac{-A}{B}$ (Mittelwert des „1“- oder „0“-Rauschbereichs)

1 und 1 werden aus der Datenmenge für „1“ berechnet und 0 und 0 aus der Datenmenge für „0“.

Unter Anwendung des Beispiels in Tabelle 4 ergibt sich:

Tabelle 5 – Mittelwert und Standardabweichung

„1“-Wert		„0“-Wert	
μ_1	σ_1	μ_0	σ_0
–0,968 2	0,209 9	–4,682 2	0,086 724 9

5.5.5 Optimale Entscheidungsschwelle

$$Q_{\text{opt}} = \frac{|\mu_1 - \mu_0|}{\sigma_1 + \sigma_0} \tag{10}$$

Und damit ist die optimale Entscheidungsschwelle =

$$\frac{\sigma_0 \mu_1 + \sigma_1 \mu_0}{\sigma_1 + \sigma_0} \tag{11}$$

Für das vorangegangene Beispiel unter Anwendung des für Q_{opt} ermittelten Werts von 12,52 ist die optimale Entscheidungsschwelle –3,596 Volt.

5.5.6 Optimale Entscheidungsschwelle für *BER*

Die vorausgesagte Rest-*BER* bei der optimalen Entscheidungsschwelle wird auch durch folgende Gleichung angegeben:

$$BER = \frac{e^{-\left(\frac{Q^2}{2}\right)}}{Q_{\text{opt}}\sqrt{2\pi}} \tag{12}$$

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

Unter der Annahme eines Werts von 12,52 für Q_{opt} in den Beispieldaten wird eine Rest-BER von weniger als 1×10^{-18} errechnet.

5.5.7 Nicht-optimale Entscheidungsschwelle für BER

Der BER-Wert bei anderen Spannungen der Entscheidungsschwelle als der optimalen Entscheidungsschwelle kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$BER(D) = \frac{1}{2}\left\{ \frac{e^{-\frac{\left(\frac{|\mu_1 - D|}{\sigma_1}\right)^2}{2}}}{\left(\frac{|\mu_1 - D|}{\sigma_1}\right)\sqrt{2\pi}} + \frac{e^{-\frac{\left(\frac{|\mu_0 - D|}{\sigma_0}\right)^2}{2}}}{\left(\frac{|\mu_0 - D|}{\sigma_0}\right)\sqrt{2\pi}} \right\} \quad (13)$$

5.5.8 Fehlergrenze

Mit der Gleichung in Anhang A (Gleichung (A.5)) kann die Fehlergrenze für den abgeleiteten Wert des Optimums des Q-Faktors abgeleitet werden.

Für das angegebene Beispiel beträgt die absolute Fehlergrenze für den Q-Faktor ± 0,5.

5.6 Prüfbericht

Für jede Prüfung sind folgende Angaben aufzuzeichnen;

a) Prüfdatum;

b) Nummer des vorliegenden Dokuments;

c) Bezeichnung des Prüflings/der Probe (d. h. des geprüften LWL-Übertragungssystems);

s) zwei Datenmengen; eine oberhalb des optimalen Schwellenwerts und die andere unterhalb;

d) jede Datenmenge sollte mindestens fünf Ablesewerte des Schwellenwerts in Abhängigkeit von BER enthalten (für BER-Werte zwischen 10^{-5} und 10^{-10});

e) Aufzeichnung des optimalen Q-Faktors sowie der optimalen Entscheidungsschwelle;

f) Aufzeichnung des möglichen Fehlerbereichs für den Wert des Q-Faktors.

5.7 Angaben in der Spezifikation

Folgende Einzelheiten müssen angegeben werden:

a) IEC-Nummer;

b) besondere Prüfanforderungen;

c) Ausfall- oder Annahmekriterien.

6 Verfahren mit variabler optischer Schwelle

6.1 Überblick

Dieses Verfahren besteht darin, dass optisch ein störendes vorgewähltes Hintergrundlicht zum empfangenen optischen Signal addiert wird, um damit die gemessene BER zu erhöhen. Bei mehreren Werten des Hintergrundlichts vorgenommene Messungen werden auf einen Nullhintergrund extrapoliert, um den BER-Wert für den Normalbetrieb zu ermitteln. Dieses Verfahren ist nur für gleichspannungsgekoppelte Empfänger anwendbar. Der Effekt des Hinzufügens eines vorgewählten Hintergrundlichts ist in Bild 7 dargestellt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07

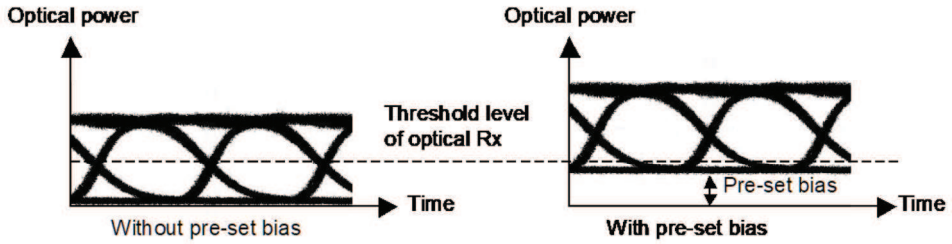


Bild 7 – Effekt von Hintergrundlicht

Mit diesem Verfahren kann das Fehlerverhalten einer optischen Verbindung oder eines aktiven Bauelements nach Bild 8 ermittelt werden. Alternativ dazu kann das Fehlerverhalten eines vollständigen Systems mit dem in Bild 9 dargestellten Prüfaufbau bewertet werden. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass kein Zugang zum Inneren der Einrichtung erforderlich ist und jede interne Fehlerüberwachungseinrichtung des zu prüfenden Systems benutzt werden kann. Falls eine solche Einrichtung nicht zur Verfügung steht, kann an den Dateneingang und die Ausgangsanschlüsse des Systems eine herkömmliche Fehlermesseinrichtung angeschlossen werden.

6.2 Prüfeinrichtung

Bei allen Verfahren wird eine herkömmliche Fehlermesseinrichtung benutzt, die aus einem Bitmustergenerator und einem Fehlerdetektor besteht.

a) Eine herkömmliche Fehlermesseinrichtung besteht aus einem Bitmustergenerator und einem eigenen Fehlerdetektor, der für eine abgesetzte Verwendung geeignet ist. Dies ist nicht erforderlich für eine Bewertung von Systemen, die eine eingebaute Fehlerüberwachungseinrichtung enthalten.

b) Eine vorgewählte Lichtquelle, die für 1 h im Bereich von 0,1 dB stabil ist, mit der gleichen Wellenlänge wie das zu prüfende System.

c) Ein optisches Dämpfungsglied, das für 1 h im Bereich von 0,1 dB stabil ist. Bei hohen Signalpegeln am Empfänger wie z. B. bei der Prüfung eines Sender-Empfänger-Paares kann ein zusätzliches Dämpfungsglied mit gleichwertiger Stabilität erforderlich sein.

d) Ein optischer Verzweiger/Kombinator mit einem Teilungsverhältnis zwischen 50:50 und 10:90 und mit einer Faser, die mit der des Systems und der vorgewählten Hintergrundlichtquelle kompatibel ist.

6.3 Prüflinge

Der Prüfling kann ein digitales LWL-System aus einem digitalen Sender und einem gleichspannungsgekoppelten digitalen Empfänger sein, die über eine optische Verbindung aus einer Faser oder einem Kabel verbunden sind, und er kann auch passive oder aktive Bauteile enthalten. Wenn nur ein Sender-Empfänger-Paar zu prüfen ist, sollte es über ein festes oder einstellbares optisches Dämpfungslied miteinander verbunden werden.

Der Prüfling kann auch ein in sich abgeschlossenes Übertragungssystem mit Sende- und Empfangsanschlüssen sein, die über eine optische Verbindung verbunden sind, die selbst aktive Bauelemente wie Regeneratoren und/oder optische Verstärker enthalten kann. Ein solches System kann interne Fehlerüberwachungseinrichtungen besitzen.

6.4 Verfahren für optische Grundverbindungen

Siehe Bild 8.

a) Sender und Empfänger werden eingeschaltet und das empfangene Signal mit dem optischen Dämpfungsglied eingestellt. Es kann erforderlich sein, die Eingangsleistung des Lichtsignals am Empfänger zu überwachen.

b) Das vorgewählte Hintergrundlicht wird eingestellt, bis ein vorher festgelegter hoher BER-Wert wie 10^{-4} erreicht ist.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 61280-2-8:2020-07