

Siemens AG CT SR SI Otto-Hahn-Ring 6 81739 München

Continental Teves AG & CO. oHG  
Frankfurt Hauptverwaltung  
Hr. Kilb  
QPF, Geb. 20/5.068/H.-L.Ross  
Guerickestr. 7  
60488 Frankfurt am Main

Banf-Nr. / tracking no. <b>11072362</b>	Datum / date <b>2005-03-11</b>	Ihr Ruf / your telephone <b>+49 69 7603-3270</b> Ihr Fax / your fax <b>+49 69 7603-3947</b>	Datum / date <b>2005-03-11</b>
Org-ID / Customer no. <b>23019920</b>	Bestellnummer / Order no. <b>44224675 0002 YK1 SN 29500</b>		Positionanr. / Order position no.
Unsere Abteilung / our department <b>CT SR SI</b>		Name / name <b>Oliv</b>	Durchwahl / telephone <b>+49 89 636-40682</b>
Versandanschrift/Emplänger/Bestimmungsort / Shipping/Recipient/Destination			
Position / Item	Menge / Quantity <b>1</b>	Dokumentnummer / document number <b>SN 29500-14</b> <b>Ausgabe: 1994-03</b> <b>Sprache: de/en</b>	

### Hinweis:

Das Normungs-Informationssystem NORIS-Web von CT SR SI, bietet Ihnen Informationen und Service zu allen Normen und Technischen Regeln sowie zu Firmencodes. Sie können NORIS-Web erreichen unter <http://nweb.mchp.siemens.de/>

### Note:

The CT SR SI standard information system NORIS-Web offers you informations and services regarding all standards and technical regulations as well as company codes. You can find us at: <http://nweb.mchp.siemens.de/>

**Ausfallraten Bauelemente**  
**Erwartungswerte für Optokoppler und Lichtschranken**

**Failure rates of components**  
**Expected values for optocouplers and light barriers**

**SN**  
**29500**

Teil 14

Ersatz für Ausgabe 03.93  
 Supersedes Edition 03.93

In Zweifelsfällen ist der deutsche Originaltext als maßgebend heranzuziehen.

In case of doubt the German language original should be consulted as the authoritative text.

*In Übereinstimmung mit der gängigen Praxis in Normen der International Electrotechnical Commission (IEC) und der International Organization for Standardization (ISO), wird in dieser Norm auch im Englischen Text das Komma als Dezimalzeichen verwendet*

*In keeping with current practice in standards published by the International Electrotechnical Commission (IEC) and the International Organization for Standardization (ISO), a comma has been used throughout as the decimal marker.*

Inhalt	Seite
1 Anwendungsbereich .....	2
2 Referenzbedingungen .....	2
3 Erwartungswerte bei Referenzbedingungen .....	4
4 Umrechnung von Referenz- auf Betriebsbedingungen .....	4
4.1 Temperaturabhängigkeit, Faktor $\pi_T$ .....	4
4.2 Aussetzbetrieb, Faktor $\pi_W$ .....	6
5 Frühausfallphase .....	8

Contents	Page
1 Scope .....	3
2 Reference conditions .....	3
3 Expected values under reference conditions .....	5
4 Conversion from reference to operating conditions .....	5
4.1 Temperature dependence, factor $\pi_T$ .....	5
4.2 Stress profile, factor $\pi_W$ .....	7
5 Early failure period .....	9

Fortsetzung Seite 2 bis 9  
 Continued on pages 2 to 9

ZFE GR Technische Regelsetzung und Normung, München und Erlangen  
 ZFE GR Technical Regulation and Standardization, Munich and Erlangen

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist für Zuverlässigkeitsberechnungen von Erzeugnissen anzuwenden, in denen Optokoppler und Lichtschranken eingesetzt werden. Sie ergänzt SN 29500 Teil 1 „Allgemeines“.

## 2 Referenzbedingungen

Ausfallkriterien	Totalausfälle und solche Änderungen von Hauptmerkmalen, die in der Mehrzahl der Anwendungen zum Ausfall führen, z. B. Abfall des Koppelfaktors (CTR) in der Nutzungsphase.	
Zeitbereich	Betriebszeit > 1000 Stunden	
	Anmerkung: Infolge der Degradation der Sendediode tritt in der Nutzungsphase ein Abfall des Koppelfaktors auf. Die angegebenen Ausfallratenwerte gelten daher nur für einen Zeitbereich, für den diese Alterung in der Auslegung der Schaltung berücksichtigt wurde.	
Sperrschichttemperatur <sup>1)</sup>	( $\theta_{j1}$ ) siehe Tabelle 1	
Mittlere Umgebungstemperatur <sup>2)</sup>	$\theta_{U,ref} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Einsatzart	Die angegebenen Ausfallraten gelten für den Einsatz der Geräte in folgenden Umweltbedingungen nach DIN IEC 721 Teil 3:	
	Klima <sup>3)</sup>	Klasse 3K3
	mechanische Einflüsse	Klasse 3M3
	chemische Einflüsse	Klasse 3C2
	Sand und Staub	Klasse 3S2
	Es wird dabei vorausgesetzt, daß die Bauelemente nicht durch Überschreiten der folgenden Bedingungen bei Transport und Lagerung vorgeschädigt werden:	
Transport:	Klima	Klasse 2K4
	mechanische Einflüsse	Klasse 2M2
	chemische Einflüsse	Klasse 2C2
	Sand und Staub	Klasse 2S2
Lagerung:	Klima	Klasse 1K5
	mechanische Einflüsse	Klasse 1M3
	chemische Einflüsse	Klasse 1C2
	Sand und Staub	Klasse 1S2
	Die im Abschnitt 3 angegebenen Ausfallraten gelten auch für hiervon abweichende Bedingungen, wenn der Einfluß durch konstruktive Maßnahmen kompensiert werden kann.	
Betriebsart <sup>2)</sup>	Dauerbetrieb	

<sup>1)</sup> Für die Bestimmung der Sperrschichttemperatur  $\theta_{j1}$  wurden die mittlere Umgebungstemperatur  $\theta_U = 40\text{ °C}$  und freie Konvektion (ohne Kühlbedingungen) zugrundegelegt.

<sup>2)</sup> Siehe SN 29500 Teil 1

## 1 Scope

This standard is to be used for reliability calculations on products in which optocouplers and light barriers are used. It supplements SN 29500 Part 1, "General".

## 2 Reference conditions

Failure criterion	Complete failures and changes of major parameters that lead to failure in the majority of applications, for example a decrease of the current transfer ratio (CTR) during the useful life.																											
Time interval	Operating time > 1000 hours																											
	Note: As a result of degradation of the emitter diode, a decrease of the CTR occurs during the useful life. The stated failure rate values apply only up to the time interval for which aging was taken into account during circuit design.																											
Virtual junction temperature <sup>1)</sup>	(θ <sub>J1</sub> ) see Table 1																											
Average ambient temperature <sup>2)</sup>	θ <sub>amb, ref</sub> = 40 °C																											
Description of environment	The stated failure rates apply to operation of the equipment under the following environmental conditions according to DIN IEC 721 Part 3: <table><tr><td>climatic conditions<sup>3)</sup></td><td>class 3K3</td></tr><tr><td>mechanical stresses</td><td>class 3M3</td></tr><tr><td>chemical influences</td><td>class 3C2</td></tr><tr><td>sand and dust</td><td>class 3S2</td></tr></table> <p>It is assumed that the components were not damaged during transport and storage due to conditions exceeding those stated below:</p> <table><tr><td rowspan="4">Transport:</td><td>climatic conditions</td><td>class 2K4</td></tr><tr><td>mechanical stresses</td><td>class 2M2</td></tr><tr><td>chemical influences</td><td>class 2C2</td></tr><tr><td>sand and dust</td><td>class 2S2</td></tr><tr><td rowspan="4">Storage:</td><td>climatic conditions</td><td>class 1K5</td></tr><tr><td>mechanical stresses</td><td>class 1M3</td></tr><tr><td>chemical influences</td><td>class 1C2</td></tr><tr><td>sand and dust</td><td>class 1S2</td></tr></table>		climatic conditions <sup>3)</sup>	class 3K3	mechanical stresses	class 3M3	chemical influences	class 3C2	sand and dust	class 3S2	Transport:	climatic conditions	class 2K4	mechanical stresses	class 2M2	chemical influences	class 2C2	sand and dust	class 2S2	Storage:	climatic conditions	class 1K5	mechanical stresses	class 1M3	chemical influences	class 1C2	sand and dust	class 1S2
climatic conditions <sup>3)</sup>	class 3K3																											
mechanical stresses	class 3M3																											
chemical influences	class 3C2																											
sand and dust	class 3S2																											
Transport:	climatic conditions	class 2K4																										
	mechanical stresses	class 2M2																										
	chemical influences	class 2C2																										
	sand and dust	class 2S2																										
Storage:	climatic conditions	class 1K5																										
	mechanical stresses	class 1M3																										
	chemical influences	class 1C2																										
	sand and dust	class 1S2																										
The failure rates stated in Clause 3 also apply if the conditions deviate from those specified provided that compensation can be made by design measures.																												
Operating mode <sup>2)</sup>	Continuous duty under constant stress																											

1) The determination of the virtual junction temperature  $\theta_{j1}$  is based on the average ambient temperature  $\theta_{amb} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  and on free convection (without cooling conditions).

2) See SN 29500 part 1

3) The temperature dependence of the failure rate is to be taken into account

### 3 Erwartungswerte bei Referenzbedingungen

Die Ausfallraten bei Referenzbedingungen  $\lambda_{ref}$  in der Tabelle 1 sind bei Betrieb unter den angegebenen Referenzbedingungen (siehe Abschnitt 2) als Erwartungswerte für den angegebenen Zeitbereich und für die Gesamtheit der Lose zu verstehen.

Tabelle 1. Ausfallraten für Optokoppler und Lichtschranken

Bauelement	Ausfallrate $\lambda_{ref}$ in FIT	Sperrschicht- temperatur $\theta_{j1}$ in °C	Beispiele
Optokoppler mit bipolarem Ausgang	15	55	SFH610/CNY17/6N136
mit FET-Ausgang	40	65	LH1056/TLP595G
mit nachgeschalteter Elektronik	20	55	HCPL2601/6N137
mit nachgeschalteter Leistungselektronik	40	65	BRT11/BRT12/IL420
Lichtschranke mit Dioden- Transistorausgang	50	55	SFH900
mit nachgeschalteter Elektronik	65		SFH910

1 FIT =  $1 \times 10^{-9} \times 1 / h$ ; (Anzahl der Ausfälle pro  $10^9$  Bauelementestunden)

### 4 Umrechnung von Referenz- auf Betriebsbedingungen

Werden die Optokoppler und Lichtschranken nicht mit der in Abschnitt 2 „Referenzbedingungen“ genannten elektrischen Beanspruchung und der mittleren Umgebungstemperatur betrieben, dann ergeben sich Ausfallraten, die von den Erwartungswerten in der Tabelle 1 abweichen.

Zur Berücksichtigung der tatsächlichen elektrischen Beanspruchungen und der sich während der Betriebszeit einstellenden mittleren Umgebungstemperatur werden die Erwartungswerte bei Referenzbedingungen mit den jeweiligen  $\pi$ -Faktoren umgerechnet.

Die Ausfallrate  $\lambda$  bei Betriebsbedingungen und während der Betriebszeit errechnet sich zu:

$$\lambda = \lambda_{ref} \times \pi_T \quad (14.1)$$

Hierin bedeuten:

$\lambda_{ref}$  Ausfallrate bei Referenzbedingungen (Tabelle 1)

$\pi_T$  Faktor für Temperaturabhängigkeit

#### 4.1 Temperaturabhängigkeit Faktor $\pi_T$

Die Abhängigkeit der Ausfallrate von der Temperatur betrifft nur den temperaturaktivierbaren Anteil des Bauelementes. Dabei werden die in Tabelle 2 angegebenen Konstanten verwendet.

Der folgende Zusammenhang gilt nur bis zur maximal zulässigen Sperrschichttemperatur.

$$\pi_T = \frac{A \times e^{\frac{Ea_1 \times z}{T_{U,ref}}} + (1-A) \times e^{\frac{Ea_2 \times z}{T_1}}}{A \times e^{\frac{Ea_1 \times z_{ref}}{T_{U,ref}}} + (1-A) \times e^{\frac{Ea_2 \times z_{ref}}{T_1}}} \quad (14.2)$$

$$\text{mit } z = 11\,605 \times \left( \frac{1}{T_{U,ref}} - \frac{1}{T_2} \right) \text{ in } \frac{1}{\text{eV}} \quad \text{und} \quad z_{ref} = 11\,605 \times \left( \frac{1}{T_{U,ref}} - \frac{1}{T_1} \right) \text{ in } \frac{1}{\text{eV}}$$

Hierin bedeuten:

$$T_{U,ref} = \theta_{U,ref} + 273$$

$$T_1 = \theta_{j1} + 273$$

$$T_2 = \theta_{j2} + 273$$

$\theta_{U,ref}$  Referenz-Umgebungstemperatur in °C

$\theta_{j1}$  Referenz-Sperrschichttemperatur in °C

$\theta_{j2}$  tatsächliche Sperrschichttemperatur in °C

### 3 Expected values under reference conditions

The failure rates  $\lambda_{ref}$  in Table 1 should be understood in operation under the stated reference conditions (see Clause 2) as expected values for the stated time interval and the entirety of lots.

Table 1. Failure rates for optocouplers and light barriers

Component		Failure rate $\lambda_{ref}$ in FIT	Junction temperature $\theta_{j1}$ in °C	Examples
Optocoupler	with bipolar output	15	55	SFH610/CNY17/6N136
	with FET output	40	65	LH1056/TLP595G
	with subsequent electronics	20	55	HCPL2601/6N137
	with subsequent power electronics	40	65	BRT11/BRT12/IL420
Light barrier	with diode output /transistor output	50	55	SFH900
	with subsequent electronics	65		SFH910
1 FIT equals one failure per 10 <sup>9</sup> operating hours				

### 4 Conversion from reference to operating conditions

If the optocouplers and light barriers are not operated under the electrical stresses and at the average ambient temperature as stated in Clause 2, "Reference conditions", the result can be failure rates which differ from the expected values given in Table 1.

To account for the actual electrical stresses and the average ambient temperature that occur during operation, the expected values under reference conditions must be converted with the relevant  $\pi$  factors.

The failure rate under operating conditions  $\lambda$  is calculated for operation as follows :

$$\lambda = \lambda_{ref} \times \pi_T \quad (14.1)$$

where

$\lambda_{ref}$  failure rate under reference conditions (Table 1)

$\pi_T$  temperature dependence factor

#### 4.1 Temperature dependence factor $\pi_T$

Temperature dependence for opto-couplers and light barriers concerns only the temperature-sensitive part of the component. The values for the constants used here are given in Table 2.

The following equation applies up to the maximum allowable junction temperature only.

$$\pi_T = \frac{A \times e^{\frac{Ea_1 \times z}{T}} + (1-A) \times e^{\frac{Ea_2 \times z}{T}}}{A \times e^{\frac{Ea_1 \times z_{ref}}{T_{ref}}} + (1-A) \times e^{\frac{Ea_2 \times z_{ref}}{T_{ref}}}} \quad (14.2)$$

$$\text{with } z = 11\,605 \times \left( \frac{1}{T_{amb,ref}} - \frac{1}{T_2} \right) \text{ in } \frac{1}{\text{eV}} \quad \text{and} \quad z_{ref} = 11\,605 \times \left( \frac{1}{T_{amb,ref}} - \frac{1}{T_1} \right) \text{ in } \frac{1}{\text{eV}}$$

where

$$T_{amb,ref} = \theta_{amb,ref} + 273$$

$$T_1 = \theta_{j1} + 273$$

$$T_2 = \theta_{j2} + 273$$

$\theta_{amb,ref}$  reference ambient temperature in °C

$\theta_{j1}$  reference junction temperature in °C

$\theta_{j2}$  actual junction temperature in °C

Tabelle 2. Konstanten

A	$Ea_1$ in eV	$Ea_2$ in eV	$\theta_{U.ref}$ in °C
1	0,5	-	40

Die damit berechneten Faktoren  $\pi_T$  erhält man mit der Tabelle 3 in Abhängigkeit von der tatsächlichen Sperrschichttemperatur

$$\theta_{j2} = \theta_U + \Delta\theta$$

und der Sperrschichttemperatur bei Referenzbedingungen  $\theta_{j1}$  (siehe Tabelle 1).

Hierin bedeuten:

$\theta_U$	mittlere Umgebungstemperatur des Bauelementes in °C
$\Delta\theta = P \times R_{th}$	Temperaturerhöhung aufgrund von Eigenerwärmung
$P$	Verlustleistung
$R_{th}$	Wärmewiderstand Sperrschicht-Umgebung

Tabelle 3. Faktor  $\pi_T$ 

Sperrschichttemperatur bei Referenzbedingungen $\theta_{j1}$ in °C	Sperrschichttemperatur bei Betriebsbedingungen $\theta_{j2}$ in °C															
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
55	0,17	0,23	0,32	0,43	0,57	0,76	1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,5	4,4	5,5	6,8	8,5
65	0,1	0,14	0,19	0,25	0,34	0,45	0,59	0,77	1	1,3	1,6	2,07	2,6	3,3	4,05	5,01

#### 4.2 Aussetzbetrieb, Faktor $\pi_W$

Werden die Optokoppler und Lichtschranken während der Betriebszeit der Baugruppe oder des Gerätes nicht immer beansprucht (Pausen ohne elektrische Belastung zwischen den Betriebsperioden), so kann dies durch den Umrechnungsfaktor für Aussetzbetrieb  $\pi_W$ , bezogen auf die Ausfallrate  $\lambda$  nach Gleichung (14.1) berücksichtigt werden. Damit erhält man die Ausfallrate bei Aussetzbetrieb zu

$$\lambda_W = \lambda \times \pi_W \quad (14.3)$$

mit

$$\pi_W = W + R \times \frac{\lambda_0}{\lambda} \times (1 - W) \quad (14.4)$$

Hierin bedeuten:

$W$	Beanspruchungsdauer Bauelement Betriebszeit Gerät; $0 \leq W \leq 1$
$R = 0,12$	Restfaktor; diese Konstante berücksichtigt die Erfahrung, daß auch nicht beanspruchte Bauelemente Ausfälle zeigen
$\lambda_0$	Ausfallrate bei Stillstandtemperatur $\theta_0$ , jedoch unter elektrischer Last. Die Stillstandtemperatur ist die Bauelemente- bzw. Sperrschichttemperatur während der beanspruchungsfreien Pause. ( $\lambda_0 = \lambda_{ref} \times \pi_T(\theta_0)$ )
$\lambda$	Ausfallrate bei Betriebs- bzw. Referenztemperatur nach Gleichung (14.1).

Table 2. Constants

A	$Ea_1$ in eV	$Ea_2$ in eV	$\theta_{U, ref}$ in °C
1	0.5	-	40

The factor  $\pi_T$  is obtained with Table 3 as a function of the actual junction temperature.

$$\theta_{j2} = \theta_{amb} + \Delta\theta$$

and the junction temperature under reference conditions  $\theta_{j1}$  (see Table 1).

where

$\theta_{amb}$  average ambient temperature of the component in °C

$\Delta\theta = P \times R_{th,amb}$  temperature change of the component due to self-heating in °C

$P$  power dissipation

$R_{th,amb}$  thermal resistance of junction to environment

Table 3. Factor  $\pi_T$ 

Junction temperature under reference conditions $\theta_{j1}$ in °C	Actual junction temperature $\theta_{j2}$ in °C															
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
55	0,17	0,23	0,32	0,43	0,57	0,76	1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,5	4,4	5,5	6,8	8,5
65	0,1	0,14	0,19	0,25	0,34	0,45	0,59	0,77	1	1,3	1,6	2,07	2,6	3,3	4,05	5,01

#### 4.2 Stress profile, Factor $\pi_W$

Optocouplers and light barriers are not not always continually stressed during the operating time of an assembly or equipment. There are breaks without electrical stresses during the operating periods. This can be taken into account by utilizing the conversion factor for intermittent duty  $\pi_W$  to modify the failure rate  $\lambda$  in equation (14.1). The failure rate for intermittent duty is then obtained using the formula

$$\lambda_W = \lambda \times \pi_W \quad (14.3)$$

with

$$\pi_W = W + R \times \frac{\lambda_0}{\lambda} \times (1 - W) \quad (14.4)$$

where

$W$  ratio: duration of component stress to operating time of equipment:  $0 \leq W \leq 1$

$R = 0,12$  constant; this constant takes into consideration the experience that even non-stressed components may fail.

$\lambda_0$  failure rate at wait-state temperature  $\theta_0$ , but under electrical stress. The wait-state temperature is the temperature of the component or junction during the non-stress phase.  
(  $\lambda_0 = \lambda_{ref} \times \pi_T(\theta_0)$  )

$\lambda$  failure rate at operating temperature or reference temperature as per equation (14.1).



## 5 Frühausfallphase

Die Frühausfallphase ist der Zeitbereich vom ersten Beanspruchungsbeginn bis zum Erreichen der konstanten Ausfallrate nach ca. 1000 Stunden. Die zu erwartende Ausfallrate für den betrachteten Zeitbereich ergibt sich durch Multiplikation des betreffenden Ausfallratenwertes aus der Tabelle 1 mit dem Faktor  $\pi_F$  aus Tabelle 4.

Die Werte gelten für Optokoppler und Lichtschranken, die den Anforderungen nach SN 72 500 entsprechen. Bei nicht nach SN 72 500 qualifizierten Bauelementen können deutlich höhere  $\pi$ -Faktoren auftreten.

Die Angabe von  $\pi_{F,max} = 3$  sagt aus, daß bei nicht monotoner Abnahme der Frühausfallrate der Faktor  $\pi_F$  den Wert '3' nicht überschreiten darf.

Tabelle 4. Faktor  $\pi_F$ 

Betriebszeit in h				Faktor	
				$\pi_F$	$\pi_{Fmax}$
bis 30				2,9	3
von 30	bis 300			2.2	
von 300	bis 1000			1.3	
ab 1000				1	1

### Zitierte Normen

- DIN IEC 721 Teil 3 Elektrotechnik; Klassifizierung von Umweltbedingungen: Klassen von Einflußgrößen  
 Teil 3-1 Langzeitlagerung (identisch mit IEC 721-3-1)  
 Teil 3-2 Transport (identisch mit IEC 721-3-2)  
 Teil 3-3 Ortsfester Einsatz, wettergeschützt (identisch mit IEC 721-3-3)
- SN 29500 Teil 1 Ausfallraten Bauelemente; Erwartungswerte; Allgemeines
- SN 72500 Teil 1 Technische Lieferbedingungen für elektrische / elektronische Bauelemente; Allgemeines

### Frühere Ausgaben

SN 29 500 Teil 14 08.86; 03.93

### Änderungen

Gegenüber der Ausgabe 03.93 wurde die englische Übersetzung ergänzt. Der deutsche Text blieb unverändert.

### Erläuterungen

Auf Veranlassung der Bereiche wurde die Bearbeitung siemenseseinheitlicher Ausfallraten unter Mitwirkung von Vertretern der Bereiche und von ZPL 1 MPP 6 durchgeführt.

Diese Norm wurde in der Arbeitsgruppe „Aktualisierung SN 29 500“ des Fachkreises „Qualität in der Elektronik“ vereinbart.

