

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

Bank-Nr. / tracking no. 11072364	Datum / date 2005-03-11	Ihr Ruf / your telephone +49 69 7603-3270 Ihr Fax / your fax +49 69 7603-3947	Datum / date 2005-03-11
Org-ID / Customer no. 23019920	Bestellnummer / Order no. 44224675 0002 YK1 SN 29500		Positionenr. / Order position no.
	Unsere Abteilung / our department CT SR SI	Name / name Oliv	Durchwahl / telephone +49 89 636-40682
Versandanschrift/Empfänger/Bestimmungsort / Shipping/Recipient/Destination			
Position / Item	Menge / Quantity 1	Dokumentnummer / document number SN 29500-3 Ausgabe: 2004-12 Sprache: de/en	

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/>

ICS 31.020

Deskriptoren: Ausfallrate, Bauelement, Erwartungswert, Halbleiter

Descriptors: Failure rate, component, expected value, semiconductor

Ersatz für Ausgabe 1997-07

Supersedes Edition 1997-07

Ausfallraten Bauelemente

Teil 3: Erwartungswerte von Diskreten Halbleitern

—
Failure rates of components

Part 3: Expected values for discrete semiconductors

Fortsetzung Seite 2 bis 13
Continued on pages 2 to 13

In Zweifelsfällen ist der deutsche Originaltext als maßgebend heranzuziehen.

In Übereinstimmung mit der gängigen Praxis in Normen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) und der Internationalen Organisation für Normung (ISO), wird in dieser Norm auch im englischen Text das Komma als Dezimalzeichen verwendet.

Frühere Ausgaben

1984-09; 1992-04; 1997-07

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe Juli 1997 wurden folgende Änderungen durchgeführt:

- Aktualisierung der Ausfallratenwerte
- redaktionelle Überarbeitung.

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

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.

Earlier Editions

1984-09; 1992-04; 1997-07

Amendments

Compared to the July 1997 edition, the following amendments have been introduced:

- update of the failure rates
- editorial revision.

Inhalt	Seite
1 Anwendungsbereich	3
2 Referenzbedingungen	3
3 Erwartungswerte bei Referenzbedingungen	4
Tabelle 1 Ausfallraten für Transistoren	4
Tabelle 2 Ausfallraten für Dioden	5
Tabelle 3 Ausfallraten für Leistungshalbleiter	5
4 Umrechnung von Referenz- auf Betriebsbedingungen	6
4.1 Spannungsabhängigkeit, Faktor π_U	6
4.2 Temperaturabhängigkeit, Faktor π_T	7
4.3 Driftempfindlichkeit, Faktor π_D	10
4.4 Aussetzbetrieb, Faktor π_W	10
5 Einfluss von Impulsbetrieb	11
6 Frühausfallphase	11
Anhang A: Symbole	12
Zitierte Normen	13

Contents	Page
1 Scope	3
2 Reference conditions	3
3 Expected values under reference conditions	4
Table 1 Failure rates for transistors	4
Table 2 Failure rates for diodes	5
Table 3 Failure rates for power semiconductors	5
4 Conversion from reference to operating conditions	6
4.1 Voltage dependence, factor π_U	6
4.2 Temperature dependence, factor π_T	7
4.3 Drift sensitivity, factor π_D	10
4.4 Stress profile, factor π_W	10
5 Effect due to pulsed operation	11
6 Early failure period	11
Annex A: Symbols	12
Normative references	13

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist für Zuverlässigkeitsberechnungen von Erzeugnissen anzuwenden, in denen Diskrete Halbleiter eingesetzt werden.

Sie ergänzt SN 29 500 Teil 1 „Allgemeines“.

Die in dieser Norm angegebenen Ausfallraten gelten, wenn nichts anderes angegeben, für bedrahtete und SMT-Bauelemente (Surface Mounted Technology).

2 Referenzbedingungen

Ausfallkriterien

Totalausfälle und solche Änderungen von Hauptmerkmalen, die in der Mehrzahl der Anwendungen zum Ausfall führen.

Zeitbereich

Betriebszeit > 1000 Stunden

Betriebsspannung

50% der maximal zulässigen Spannung für Transistoren

Sperrschichttemperatur ¹

Siehe Tabellen 1 bis 3 ($\theta_{j,1}$)

Mittlere Umgebungstemperatur ²

$\theta_{U,ref} = 40^\circ\text{C}$

Einsatzart

Die angegebenen Ausfallraten gelten für den Einsatz der Geräte in folgenden Umweltbedingungen nach DIN IEC 60721 Teile 3-1, 3-2, und 3-3:

Klima ³	3K3
mechanische Einflüsse	3M3
chemische Einflüsse	3C2
Sand und Staub	3S2

Es wird dabei vorausgesetzt, dass die Bauelemente nicht durch Überschreiten der folgenden Bedingungen bei Transport und Lagerung vorgeschädigt werden.

Transport: Klima	2K4
mechanische Einflüsse	2M2
chemische Einflüsse	2C2
Sand und Staub	2S2

Lagerung: Klima	1K5
mechanische Einflüsse	1M3
chemische Einflüsse	1C2
Sand und Staub	1S2

Die im Abschnitt 3 angegebenen Ausfallraten gelten auch für hiervon abweichende Bedingungen, wenn der Einfluss durch konstruktive Maßnahmen kompensiert werden kann.

Betriebsart ²

Dauerbetrieb mit gleich bleibender Beanspruchung.

1 Scope

This standard is to be used for reliability calculations on products in which discrete semiconductors are used. It supplements SN 29500 Part 1 "General".

If nothing to the contrary is noted, then the failure rates stated in this standard apply to wired and SMT components (Surface Mounted Technology).

2 Reference conditions

Failure criterion

Complete failures and changes of major parameters leading to failure in the majority of applications.

Time interval

Operating time > 1000 hours

Operating voltage

50% of the maximum permissible voltage for transistors

Junction temperature ¹

See Tables 1 to 3 ($\theta_{j,1}$)

Mean ambient temperature ²

$\theta_{U,ref} = 40^\circ\text{C}$

Description of environment

The failure rates stated apply to the use of equipment under the following environmental conditions according to IEC 60721 Parts 3-1, 3-2, and 3-3:

climatic conditions ³	class 3K3
mechanical stresses	class 3M3
chemical influences	class 3C2
sand and dust	class 3S2

It is assumed that the components were not damaged during transport and storage due to conditions exceeding those stated below.

Transportation: 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 ²

Continuous duty under constant stress.

¹ Für die Bestimmung der Sperrschichttemperatur $\theta_{j,1}$ wurden die mittlere Umgebungstemperatur $\theta_U=40^\circ\text{C}$ und, wenn nichts anderes angegeben, freie Konvektion zugrunde gelegt.

For determining the junction temperature $\theta_{j,1}$ the mean ambient temperature $\theta_U=40^\circ\text{C}$ and, if nothing else to the contrary has been stated, free convection were used.

² Siehe SN 29500 Teil 1 / See SN 29500 Part 1

³ Die Temperaturabhängigkeit der Ausfallrate ist zu berücksichtigen / Temperature dependence of the failure rate to be considered.

3 Erwartungswerte bei Referenzbedingungen

Die Ausfallraten λ_{ref} in den Tabellen 1, 2 und 3 sind bei Betrieb unter den angegebenen Referenzbedingungen (siehe Abschnitt 2) als Erwartungswerte für den angegebenen Zeitbereich und für die Gesamtheit der Lose zu verstehen. Im Rahmen der Wertestreuung kann in extremen Einzelfällen etwa der fünffache Betrag des betreffenden Erwartungswertes auftreten.

3 Expected values under reference conditions

The failure rates λ_{ref} stated in Tables 1, 2 and 3 should be understood for operation under the stated reference conditions (see clause 2) as expected values for the stated time interval and the entirety of lots. Within the scope of the variations of values, in exceptional lots, the actual value may differ from the expected by a factor of up to five.

Tabelle 1 Ausfallraten für Transistoren
Table 1 Failure rates for transistors

Transistortyp / Type of transistor	λ_{ref} in FIT	$\theta_{j,1}$ in °C
Allgemein / common NF / Low frequency		
Bipolar, universal ¹⁾ z.B. / e.g. TO18, TO92, SOT(D)(3)23 oder ähnliche / or similar	3	55
Transistor-Arrays ¹⁾ Transistor arrays ¹⁾	12	55
Bipolar-Kleinleistung, z.B. / e.g. TO5, TO39 Bipolar, low power SOT223, SO8, SMA-SMC	20	85
Bipolar, Leistung, z.B. / e.g. TO3, TO220, D(D)-Pack Bipolar, power	60	100
FET Sperrschicht / junction MOS	5 5	55
MOS, Leistung / power (SIPMOS), z.B. / e.g. TO3, TO220, D(D)-Pack	60	100
Mikrowellen / microwave z.B. / e.g. RF >800 MHz		
bipolar Breitband, Kleinsignal / wide band, small signal	10	55
bipolar Leistung / power	200	125
GaAs FET Kleinsignal, Low Noise / small signal low noise	25	95
medium power	50	110
high power	250	145
MOSFET Breitband, Kleinsignal / wide band, small signal	10	55
Leistung / power	200	125
<p>1 FIT = 1×10^{-9} 1/h; (Ein Ausfall pro 10^9 Bauelementestunden)</p> <p>Bei der Verwendung von nackten Chips sind die angegebenen Ausfallraten mit einem Faktor von mindestens 2 zu multiplizieren, wenn keine eigenen Erfahrungen in der Aufbautechnik vorliegen.</p> <p>1) Für driftempfindliche Schaltungen ist der Driftempfindlichkeitsfaktor π_D zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 4.3).</p>		
<p>1 FIT equals one failure in 10^9 component hours</p> <p>For bare chips the indicated failure rates shall be multiplied by a factor of at least 2 if no experience has been gained in the mounting technology used.</p> <p>1) For drift-sensitive circuits the drift sensitivity factor π_D shall be taken into account (see Clause 4.3).</p>		

Tabelle 2 Ausfallraten für Dioden
Table 2 Failure rates for diodes

Diodentyp / Type of diode	λ_{ref} in FIT	$\theta_{j,1}$ in °C
Universal-Diode ^{1) 2)} / Universal diode ^{1) 2)}	1	55
Schottky-Diode ²⁾ / Schottky diode ²⁾	1	55
Begrenzungsdiode (Suppressordiode) Limiting diode (suppressor diode)	7	40
Z-Diode, ($P_{\text{tot}} < 1 \text{ W}$) Spannungsschutz ⁴⁾ / voltage protection ⁴⁾	1	40
Z-Diode, Leistung / power Stabilisation ³⁾ / stabilization ³⁾	25	100
Referenzdiode / Reference diode	7	45
Mikrowellen-Diode, Kleinsignal Microwave diode, small signal	Detektordiode / detector diode	45
	Kapazitätsdiode / capacitance diode	45
	Mischerdiode / mixer diode	70
	Pindiode / pin diode	55
Mikrowellen-Diode, Leistung Microwave diode, power	Speichervaraktor / storage varactor	100
	Gunndiode / Gunn diode	160
	Impattdiode / Impatt diode	180
	Pindiode / pin diode	100
Hochspannungsgleichrichterdiode High-voltage rectifier diode	(200)	85
<p>1 FIT=1x10⁻⁹ 1/h; (Ein Ausfall pro 10⁹ Bauelementestunden) Für Bauelemente ohne ausreichende Erfahrung sind die Ausfallraten einzuklammern. Bei der Verwendung von nackten Chips sind die angegebenen Ausfallraten mit einem Faktor von mindestens 2 zu multiplizieren, wenn keine eigenen Erfahrungen in der Aufbautechnik vorliegen.</p> <p>1 FIT equals one failure in 10⁹ component hours Failure rates of components for which no sufficient operating experience has been gained are given in brackets. For bare chips the indicated failure rate shall be multiplied by a factor of at least 2 if no experience has been gained in the mounting technology used.</p> <p>1) auch mit Avalanche-Charakter 2) Für driftpföndliche Schaltungen ist der Driftpföndlichkeitsfaktor π_D zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 4.3) 3) Bei der Anwendung für Spannungsschutz kann ohne Eigenerwärmung gerechnet werden ($\theta_{j,1} = 40 \text{ °C}$) 4) Bei der Anwendung für Stabilisation muss mit Eigenerwärmung gerechnet werden</p> <p>1) also with avalanche characteristics 2) For drift-sensitive circuits the drift-sensitive factor π_D shall be taken into consideration (see Clause 4.3). 3) If applied for voltage protection the calculation can be made without accounting for self-heating ($\theta_{j,1} = 40 \text{ °C}$). 4) If used for stabilization, then the calculation must take self-heating into account</p>		

Tabelle 3 Ausfallraten für Leistungshalbleiter ¹⁾
Table 3 Failure rates for power semiconductors ¹⁾

Bauelement / Component	λ_{ref} in FIT	$\theta_{j,1}$ in °C
Gleichrichterioden ²⁾ / rectifier diodes ²⁾	2	70
Gleichrichterbrücken / rectifier bridges	10	85
Schottky-Dioden / Schottky diodes	10	85
Thyristoren / thyristors	50	85
Triac's, Diac's	75	85
Sondergefertigte und kundenspezifische Leistungshalbleiter Specialized and custom-made power semiconductors	Rücksprache mit Hersteller consult manufacturer	Rücksprache mit Hersteller consult manufacturer
<p>1 FIT=1x10⁻⁹ 1/h; (Ein Ausfall pro 10⁹ Bauelementestunden) Bei der Verwendung von nackten Chips sind die angegebenen Ausfallraten mit einem Faktor von mindestens 2 zu multiplizieren, wenn keine eigenen Erfahrungen in der Aufbautechnik vorliegen.</p> <p>1 FIT equals one failure in 10⁹ component hours For bare chips the indicated failure rate shall be multiplied by a factor of at least 2 if no experience has been gained in the mounting technology used.</p> <p>1) für Leistungshalbleiter (> 15 A) Rücksprache mit Hersteller 2) auch mit Avalanche-Charakter</p> <p>1) for power semiconductors (> 15 A) consult manufacturer 2) also with avalanche characteristics</p>		

4 Umrechnung von Referenz- auf Betriebsbedingungen

Werden die Diskreten Halbleiter nicht mit der in Abschnitt 2 „Referenzbedingungen“ genannten elektrischen Beanspruchung und der mittleren Umgebungstemperatur betrieben, dann ergeben sich Ausfallraten, die von den Erwartungswerten in den Tabellen 1 bis 3 abweichen.

Zur Berücksichtigung der tatsächlichen elektrischen Beanspruchungen und der sich während des Betriebes einstellenden mittleren Umgebungstemperatur werden die Erwartungswerte bei Referenzbedingungen mit den jeweiligen π -Faktoren umgerechnet.

Die Ausfallrate bei Betriebsbedingungen λ errechnet sich während der Betriebszeit zu:

- für Transistoren bipolar, universal und Transistor-Arrays

$$\lambda = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_U \times \pi_T \times \pi_D \quad (4.1)$$

- für sonstige Transistoren

$$\lambda = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_U \times \pi_T \quad (4.2)$$

- für Universal- und Schottky-Dioden

$$\lambda = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_D \times \pi_T \quad (4.3)$$

- für sonstige Dioden und Leistungshalbleiter

$$\lambda = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_T \quad (4.4)$$

hierin bedeuten / where:

λ_{ref} Ausfallrate bei Referenzbedingungen
 π_U Faktor für Spannungsabhängigkeit
 π_T Faktor für Temperaturabhängigkeit
 π_D Faktor für Driftempfindlichkeit

4 Conversion from reference to operating conditions

If the discrete semiconductors 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 Tables 1 to 3.

To account for the actual electrical stresses and the average ambient temperature that occur during operation, the expected values under reference conditions need to be converted with the relevant π factors.

The failure rate under operating conditions λ is calculated for operations as follows:

- For bipolar transistors, universal transistors and transistor arrays

- for other transistors

- for universal and Schottky diodes

- for other diodes and power semiconductors

failure rate under reference conditions
voltage dependence factor
temperature dependence factor
drift sensitivity factor

4.1 Spannungsabhängigkeit, Faktor π_U

Die Spannungsabhängigkeit wird für Transistoren nach Gleichung (4.5) berücksichtigt.

4.1 Voltage dependence, factor π_U

The voltage dependence of transistors is taken into account as in formula (4.5).

$$\pi_U = \exp \left\{ C_3 \times \left(\left(U/U_{\text{max}} \right)^{C_2} - \left(U_{\text{ref}}/U_{\text{max}} \right)^{C_2} \right) \right\} \quad (4.5)$$

Hierin bedeuten /where:

U Betriebsspannung in V
 U_{ref} Referenzspannung in V
 U_{max} maximal zulässige Betriebsspannung in V
 C_2, C_3 Konstanten

operating voltage in V
reference voltage in V
rated voltage in V
constants

Tabelle 4 Konstanten
Table 4 Constants

$U_{\text{ref}}/U_{\text{max}}$	C_2	C_3
0,5	8	1,4

Tabelle 5 Faktor π_U für Transistoren
Table 5 Factor π_U for transistors

Spannungsverhältnis U/U_{max} Voltage ratio U/U_{max}	$\leq 0,3$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Faktor π_U Factor π_U	1	1	1	1	1,1	1,3	1,8	4

4.2 Temperaturabhängigkeit, Faktor π_T

Die Abhängigkeit von der Temperatur betrifft nur den temperaturaktivierbaren Anteil des Diskreten Halbleiters.

Der folgende Zusammenhang gilt nur bis zur maximal zulässigen Sperrschichttemperatur. Dabei werden die in Tabelle 6 angegebenen Konstanten verwendet.

4.2 Temperature dependence, factor π_T

The temperature dependence applies only to the temperature-activated part of the discrete semiconductor.

The following formula applies up to the maximum permissible junction temperature only. The values of the constants are given in Table 6.

$$\pi_T = \frac{A \times e^{E_{a1} \times z} + (1-A) \times e^{E_{a2} \times z}}{A \times e^{E_{a1} \times z_{\text{ref}}} + (1-A) \times e^{E_{a2} \times z_{\text{ref}}}} \quad (4.6)$$

mit / with $z = 11605 \times \left(\frac{1}{T_{U,\text{ref}}} - \frac{1}{T_2} \right) \ln \frac{1}{eV}$

und / and $z_{\text{ref}} = 11605 \times \left(\frac{1}{T_{U,\text{ref}}} - \frac{1}{T_1} \right) \ln \frac{1}{eV}$

Hierin bedeuten / where:

$T_{U,\text{ref}} = \theta_{U,\text{ref}} + 273 \text{ in K}$	$\theta_{U,\text{ref}}$	Referenz-Umgebungstemperatur in °C / Reference ambient temperature in °C
$T_1 = \theta_{j,1} + 273 \text{ in K}$	$\theta_{j,1}$	Referenz-Sperrschichttemperatur in °C / Reference virtual (equivalent) junction temperature in °C
$T_2 = \theta_{j,2} + 273 \text{ in K}$	$\theta_{j,2}$	tatsächliche Sperrschichttemperatur in °C / Actual virtual (equivalent) junction temperature in °C
A, E_{a1}, E_{a2}		Konstanten / Constants

Tabelle 6 Konstanten
Table 6 Constants

		A	Ea_1 in eV	Ea_2 in eV	$\theta_{U,ref}$ in °C
Transistoren Referenz- und Mikrowellendioden	<i>Transistors Reference and microwave diodes</i>	0,9	0,3	0,7	40
Dioden (ohne Referenz- und Mikrowellendioden) Leistungshalbleiter	<i>Diodes (without reference and microwave diodes) Power semiconductors</i>	1	0,4	-	40

Die damit berechneten Faktoren π_T sind in Abhängigkeit von der Referenz-Ersatzsperrschicht-Temperatur $\theta_{j,1}$

- für Transistoren, Referenz- und Mikrowellendioden aus Tabelle 7 und
- für Dioden (ohne Referenz- und Mikrowellendioden) und Leistungshalbleiter aus Tabelle 8 zu ersehen

Die in den Tabellen 7 und 8 notwendigen tatsächlichen Sperrschichttemperaturen $\theta_{j,2}$ errechnen sich zu

The calculated factors π_T depend on the reference virtual (equivalent) junction temperature $\theta_{j,1}$ and are given

- for transistors, reference and microwave diodes in Table 7 and
- for diodes (without reference and microwave diodes) and power semiconductors in Table 8.

In Tables 7 and 8 the required actual junction temperatures $\theta_{j,2}$ are calculated as per

$$\theta_{j,2} = \theta_U + \Delta\theta$$

Hierin bedeuten:

θ_U Mittlere Umgebungstemperatur
des Bauelementes in °C

$\Delta\theta = P \times R_{th}$ Temperaturerhöhung
aufgrund von Eigenerwärmung

P Verlustleistung

R_{th} Wärmewiderstand
(Sperrschicht - Umgebung)

where:

mean ambient temperature of the component in °C

increase in temperature due to self-heating

operating power dissipation

thermal resistance
(junction - ambient)

Tabelle 7 Faktor π_r für Transistoren, Referenz- und Mikrowellendiolen
Table 7 Factor π_r for transistors, reference and microwave diodes

$\theta_{j,1}$ (in Tabellen in Tables 1 - 3)	$\theta_{j,2}$																										
	≤ 25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	125	130	140	145	150	160	175	180	200
40	0,54	0,67	0,82	1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	4,1	5,1	6,3	7,7	9,6	12	18	28	35	44	67	83	102	153	275	332	689
45	0,44	0,54	0,67	0,82	1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,4	4,1	5,1	6,3	7,8	9,7	15	23	29	36	55	68	83	125	225	272	563
55	0,3	0,37	0,45	0,55	0,67	0,82	1	1,2	1,5	1,8	2,3	2,8	3,4	4,2	5,3	6,5	10	16	19	24	37	45	56	84	150	182	377
70	0,16	0,2	0,24	0,3	0,37	0,45	0,54	0,67	0,82	1	1,2	1,5	1,9	2,3	2,9	3,6	5,5	8,5	11	13	20	25	30	46	82	99	206
85	0,087	0,11	0,13	0,16	0,2	0,24	0,29	0,36	0,44	0,54	0,66	0,81	1	1,2	1,5	1,9	2,9	4,5	5,6	7	11	13	16	24	44	53	110
95	0,057	0,07	0,085	0,10	0,13	0,16	0,19	0,23	0,29	0,35	0,43	0,53	0,65	0,81	1	1,2	1,9	3	3,7	4,6	7	8,6	11	16	29	35	72
100	0,046	0,056	0,069	0,084	0,1	0,13	0,15	0,19	0,23	0,28	0,35	0,43	0,53	0,65	0,81	1	1,5	2,4	3,0	3,7	5,6	6,9	8,5	13	23	28	58
110	0,03	0,036	0,045	0,055	0,067	0,081	0,099	0,12	0,15	0,18	0,22	0,28	0,34	0,42	0,52	0,65	1	1,5	1,9	2,4	3,6	4,5	5,6	8,3	15	18	38
125	0,015	0,019	0,023	0,028	0,035	0,043	0,052	0,063	0,078	0,095	0,12	0,14	0,18	0,22	0,27	0,34	0,52	0,81	1	1,2	1,9	2,3	2,9	4,3	7,8	9,4	20
145	0,0066	0,0081	0,0099	0,012	0,015	0,018	0,022	0,027	0,033	0,041	0,05	0,061	0,076	0,094	0,12	0,14	0,22	0,34	0,43	0,53	0,81	1	1,2	1,85	3,3	4,0	8,3
160	0,0035	0,0054	0,0074	0,0096	0,012	0,015	0,018	0,022	0,027	0,033	0,041	0,051	0,063	0,074	0,085	0,1	0,12	0,19	0,24	0,3	0,44	0,54	0,67	1	1,87	2,2	4,6
180	0,0016	0,0020	0,0025	0,0030	0,0037	0,0045	0,0055	0,0067	0,0082	0,01	0,012	0,015	0,019	0,023	0,029	0,036	0,055	0,085	0,11	0,13	0,2	0,25	0,31	0,46	0,83	1	2,1

Tabelle 8 Faktor π_r für Dioden (ohne Referenz- und Mikrowellendiolen) und Leistungshalbleiter
Table 8 Factor π_r for diodes (without reference and microwave diodes) and power semiconductors

$\theta_{j,1}$ (in Tabellen in Tables 1 - 3)	$\theta_{j,2}$																										
	≤ 25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	125	130	140	145	150	160	175	180	200
40	0,47	0,61	0,79	1	1,3	1,6	2	2,4	3	3,7	4,4	5,4	6,5	7,7	9,2	11	15	20	24	27	36	41	47	61	87	98	151
55	0,24	0,31	0,4	0,51	0,64	0,80	1	1,2	1,5	1,9	2,3	2,7	3,3	3,9	4,7	5,5	7,6	10	12	14	18	21	24	31	44	50	77
70	0,13	0,17	0,21	0,27	0,35	0,43	0,54	0,67	0,82	1	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3,0	4,1	5,6	6,5	7,5	9,9	11,3	13	17	24	27	41
85	0,074	0,095	0,12	0,16	0,2	0,25	0,31	0,38	0,46	0,57	0,69	0,83	1	1,2	1,4	1,7	2,3	3,2	3,7	4,3	5,6	6,4	7,3	9,5	14	15	23
100	0,044	0,056	0,072	0,092	0,12	0,15	0,18	0,22	0,28	0,34	0,41	0,49	0,59	0,71	0,84	1	1,4	1,9	2,2	2,5	3,3	3,8	4,4	5,6	8,0	9,0	14

4.3 Driftempfindlichkeit, Faktor π_D

Zur Berücksichtigung eines erhöhten Wertes der Ausfallrate in driftempfindlichen Schaltungen wird für

- Transistoren bipolar, universal,
- Transistoren-Arrays und
- Universal- und Schottky-Dioden

der Driftempfindlichkeitsfaktor π_D eingeführt.

Es gelten für Anwendungen in

- nicht driftempfindliche Schaltungen, $\pi_D = 1$
- driftempfindlichen Schaltungen, $\pi_D = 2$

4.3 Drift sensitivity, factor π_D

A drift sensitivity factor π_D has been introduced for drift-sensitive circuits and circuits to take into account an increased value of the failure rate for

- bipolar, universal transistors,
- transistors arrays and
- universal and Schottky diodes

The factors applicable are

- for use in non-drift circuits, $\pi_D = 1$
- for use in drift-sensitive circuits, $\pi_D = 2$

4.4 Aussetzbetrieb, Faktor π_W

Werden Diskrete Halbleiter 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 π_W , bezogen auf die Ausfallrate λ nach Gleichung (4.1), (4.2), (4.3) oder (4.4) berücksichtigt werden.

Damit erhält man die Ausfallrate bei Aussetzbetrieb zu

4.4 Stress profile, factor π_W

If discrete semiconductors are not continuously stressed during the operating time of the module or equipment (breaks without electrical stress during operating periods), this can be taken into account for by the conversion factor for intermittent operation π_W related to the failure rate λ in equations (4.1), (4.2), (4.3) or (4.4).

The failure rate for intermittent operation is then obtained by using the formula

$$\lambda_W = \lambda \times \pi_W \quad (4.8)$$

$$\text{mit / with } \pi_W = W + R \frac{\lambda_0}{\lambda} (1 - W), \quad 0 \leq W \leq 1, \quad R = 0,08$$

Hierin bedeuten / where:

W	Beanspruchungsdauer Bauelement / Betriebszeit Gerät	Ratio: duration of component stress to operating time of equipment
R	Konstante; sie berücksichtigt die Erfahrung, dass auch nicht beanspruchte Bauelemente Ausfälle zeigen können.	Constant; taking into account that even non-stressed components may fail.
λ_0	Ausfallrate bei Stillstandtemperatur θ_0 , jedoch unter elektrischer Last. Die Stillstandtemperatur ist die Bauelemente- bzw. Speerschichttemperatur während der beanspruchungsfreien Pause. $\lambda_0 = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_T(\theta_0)$	Failure rate at wait-state temperature, but under electrical stress. The wait-state temperature is the component or junction temperature during the non-stress phase. $\lambda_0 = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_T(\theta_0)$
λ	Ausfallrate bei Betriebs- bzw. Referenztemperatur nach Gleichung (4.1), (4.2) (4.3) oder (4.4).	Failure rate under actual operating or reference temperature as in Equation (4.1), (4.2), (4.3) or (4.4).

5 Einfluss von Impulsbetrieb

Aufgrund mangelnder Einsatzerfahrungen können derzeit keine Angaben zu Umrechnungsfaktoren gemacht werden.

Allerdings ist bei Leistungshalbleitern mit Bondanschlusstechnik unter Impulsbetrieb in Abhängigkeit des zeitlichen Ein-/Ausschaltverhaltens (Tastverhältnis) und den daraus resultierenden Sperrschichttemperaturzyklen $\Delta\theta_j$ mit einer deutlichen Erhöhung des Ausfallratenwertes zu rechnen.

Diesbezügliche Angaben sind in Abhängigkeit vom Einsatzfall unter dem Stichwort "Wechsellasthäufigkeit" vom jeweiligen Hersteller anzufordern.

6 Frühausfallphase

Die Frühausfallphase von Diskreten Halbleitern ist der Zeitbereich vom ersten Beanspruchungsbeginn bis zum Erreichen der konstanten Ausfallrate nach ca. 1 000 Betriebsstunden.

Die zu erwartende mittlere Ausfallrate für den betrachteten Zeitbereich ergibt sich durch Multiplikation des betreffenden Ausfallratenwertes aus den Tabellen 1 bis 3 mit dem Faktor π_F (für den betrachteten Zeitabschnitt) aus Tabelle 9.

5 Effect due to pulsed operation

Currently, due to lack of experience no values are available for conversion factors.

However, power semiconductors using bonding techniques are expected to have significantly higher failure rates when used in pulsed operation depending on the on/off cycles (duty factor) and the resulting junction temperature cycles $\Delta\theta_j$.

Values referring to this type of operation can be obtained from the manufacturer for each individual application under the key phrase "alternating load frequency".

6 Early failure period

The early failure period of discrete semiconductors is the time from the very first beginning of operation to the time when the constant failure rate period starts after approx. 1 000 operating hours.

The expected mean failure rate during the time interval under observation is obtained by multiplying the relevant failure rate from Tables 1 to 3 by the factor π_F (for the appropriate time interval under observation) in Table 9.

Tabelle 9 Faktor π_F
Table 9 Factor π_F

Betriebszeit in h Operating time in h	Faktor / Factor	
	π_F	$\pi_{F,max}$
- 30	2,9	3
30 - 300	2,2	
300 - 1000	1,3	
1000 -	1	1

Die Werte gelten für Diskrete Halbleiter, die den Anforderungen nach SN 72500 entsprechen. Bei nicht nach SN 72500 qualifizierten Diskreten Halbleitern können deutlich höhere π -Faktoren auftreten.

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

The values are valid for discrete semiconductors conforming to the requirements in SN 72500. Significant higher π factors can occur for discrete semiconductors not conforming to SN 72500.

The stated value $\pi_{F,max}=3$ indicates that if the early failure rate does not decrease monotonically the factor π_F shall not exceed the value "3".

Anhang A: Symbole

λ	Ausfallrate unter Betriebsbedingungen
λ_0	Ausfallrate bei Stillstandtemperatur
λ_{ref}	Ausfallrate bei Referenzbedingungen
π_D	Faktor für Driftabhängigkeit
π_F	Faktor für Frühausfallverhalten
π_I	Faktor für Stromabhängigkeit
π_T	Faktor für Temperaturabhängigkeit
π_U	Faktor für Spannungsabhängigkeit
π_W	Faktor für Wechsellastbetrieb
$\Delta\theta$	Temperaturerhöhung aufgrund von Eigenerwärmung in °C
θ_0	Stillstandtemperatur in °C
θ_U	Mittlere Umgebungstemperatur des Bauelementes in °C
$\theta_{U,ref}$	Referenz-Umgebungstemperatur in °C
$\theta_{j,1}$	Referenz-Sperrschichttemperatur in °C
$\theta_{j,2}$	Tatsächliche Sperrschichttemperatur in °C
$T_{U,ref}$	Referenz-Umgebungstemperatur in K
T_1	Referenz-Sperrschichttemperatur in K
T_2	Tatsächliche Sperrschichttemperatur in K
P	Verlustleistung
R	Konstante (Restfaktor)
R_{th}	Thermischer Widerstand (Sperrschicht - Umgebung)
U	Betriebsspannung
U_{max}	Maximal zulässige Betriebsspannung
U_{ref}	Referenzspannung
W	Verhältnis: Beanspruchungsdauer Bauelement zu Betriebszeit Gerät
A, C_2, C_3	Konstanten
Ea_1, Ea_2	Aktivierungsenergien in eV

Annex A: Symbols

Failure rate under operating conditions
Failure rate at wait-state temperature
Failure rate under reference conditions
Drift sensitivity factor
Early failure dependence factor
Current dependence factor
Temperature dependence factor
Voltage dependence factor
Stress profile factor
Increase in temperature due to self-heating in °C
Wait-state temperature in °C
Average ambient temperature of the component in °C
Reference ambient temperature in °C
Reference junction temperature in °C
Actual junction temperature in °C
Reference ambient temperature in K
Reference junction temperature in K
Actual junction temperature in K
Operating power dissipation
Constant (rest factor)
Thermal resistance (junction - environment)
Operating voltage
Rated voltage
Reference voltage
Ratio: duration of component stress to operating time of equipment
Constants
Activation energies in eV

Zitierte Normen

DIN IEC 60721 Teil 3	Elektrotechnik; Klassifizierung von Umweltbedingungen; Klassen von Umwelt- einflussgrößen und deren Grenzwerte
	Teil 3-0: Einführung (identisch mit IEC 60721-3-0)
	Teil 3-1: Langzeitlagerung (identisch mit IEC 60721-3-1)
	Teil 3-2: Transport (identisch mit IEC 60721-3-2)
	Teil 3-3/A2: Ortsfester Einsatz, wettergeschützt (identisch mit IEC 60721-3-3)
SN 29500 Teil 1	Ausfallraten Bauelemente - Erwartungswerte. Allgemeines
SN 72500	Technische Lieferbedingungen für elektrische / elektronische Bauelemente

Normative references

IEC 60721-3	Classification of environmental conditions - Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities
	Part 3-0 Edition 1.1 :2002-10 Introduction
	Part 3-1 :1997-02 Section 1: Storage
	Part 3-2 :1997-03 Transportation
	Part 3-3 Edition 2.2 :2002-10 Stationary use at weather protected locations
SN 29500 Part 1	Failure Rates of Components - Expected values. General
SN 72500	Technical Terms of Delivery for Electrical/ Electronic Components

Erläuterungen

Auf Veranlassung der Geschäftsbereiche wurde die Bearbeitung siemens einheitlicher Ausfallraten unter Mitwirkung von Vertretern der Geschäftsbereiche und CT SR durchgeführt.
Diese Norm wurde im TRAK SN 29500 vereinbart.

Explanations

At the instigation of the Siemens operating Groups, the failure rates in this standard were established and implemented in collaboration with representatives of the Groups and CT SR. This standard was agreed to by the expert team of the TRAK SN 29500.