

Technical Explanations – Technische Erläuterungen

The electrical performance of a semiconductor device is usually expressed in terms of its characteristics and maximum ratings.

Characteristics are those values, which can be measured by use of suitable measuring instruments and set-ups, and provide information on the performance of the device under specified operating conditions (e.g. at a given bias). Depending on requirements, they are quoted either as typical or guaranteed values. Typical values are expressed as figures or as curves, and are subject to spreads.

Guaranteed values are preceded either by the symbol > (greater than) or < (less than). Sometimes the guaranteed spread limits are indicated by numbers with dots between them.

Maximum ratings are values which cannot be exceeded without risk of damaging the device. Changes in supply voltage, tolerances of other components in the circuit and also ambient temperature must be considered. No single maximum rating must be exceeded, even if the device is operated well within all other maximum ratings. The inclusion of the word "admissible" in a description means that the associated curve defines the maximum rating.

Using a semiconductor device continuously **under extreme load** (high temperature, current, voltage, mechanical stress etc) may reduce its reliability significantly even if the maximum ratings are not exceeded.

The following pages provide advice about correct understanding of parameters and the implementation of safety margins.

Die Eigenschaften eines Halbleiterbauelements werden üblicherweise durch die Angabe von Kenn- und Grenzwerten definiert.

Kennwerte sind Eigenschaften eines Halbleiterbauelements, die sich mit zweckentsprechenden Messgeräten oder Messanordnungen messen lassen und die das Betriebsverhalten oder bestimmte elektrische Parameter in einem definierten Arbeitspunkt ausdrücken. Sie werden je nach Bedarf als typische Werte oder Garantiewerte angegeben. Typische Werte sind durch eine Zahl, eine Kurve oder eine Kurvenschar ausgedrückt und Exemplarstreuungen unterworfen.

Garantiewerte werden entweder mit den Symbolen > (größer als) oder < (kleiner als) oder mit den Grenzen des garantierten Streubereiches angegeben.

Grenzwerte sind Werte, die der Anwender nicht überschreiten darf, ohne eine Zerstörung des Bauelements zu riskieren. Hierbei sind auch Schwankungen der Betriebsspannung, Toleranzen anderer Bauelemente sowie die Umgebungstemperatur zu berücksichtigen. Ein einzelner Grenzwert darf auch dann nicht überschritten werden, wenn andere Grenzwerte nicht voll ausgenutzt sind. Bei Kurven erkennt man an dem Wort "zulässige" in der Bezeichnung, dass die Kurve als Grenzwert zu betrachten ist.

Das dauerhafte Betreiben eines Halbleiterbauelementes **unter extremen Lasten** (hohe Temperaturen, Ströme, Spannungen, mechanischer Stress usw.) kann dessen Zuverlässigkeit deutlich reduzieren, auch wenn die Grenzwerte dabei nicht überschritten werden.

Im Folgenden werden Hinweise zum korrekten Verständnis der Parameter und zum Einfügen von Sicherheitsreserven gegeben.

Maximum ratings

V_{DC} – DC Blocking voltage

Maximum admissible value of permanently applied DC voltage in reverse direction. Required for AEC-Q101 qualification, therefore specified only for -AQ parts. It is a good practice not to exceed 50% of V_{RRM} with the permanently applied DC voltage.

V_{RRM} – Repetitive Peak Reverse Voltage

Maximum allowable peak value of short repetitive transient reverse voltages. Since such short transient voltages are hardly predictable, we recommend a safety margin of minimum 20%.

V_{RSM} – Surge Peak Reverse Voltage

Maximum allowable peak value of short isolated transient reverse voltages.

V_{VRMS} –

Recommended Alternating Input Voltage

Maximum value of the sinusoidal RMS input voltage under normal operating conditions with due allowance for maximum 10% voltage increase. An efficient transient suppressing network is required in case voltage transients exceeding 80% of V_{RRM} are likely to occur.

V_{ISO} – Isolation Voltage

All bridge rectifier with specified V_{ISO} rating are subjected to an insulation voltage test between the short-circuited terminals connected and the case respectively base plate. An alternating voltage of 2500 V is applied for 1 second.

If this test is repeated by the user either as an incoming inspection or as a test of the final device, in accordance with IEC publication 146 resp. DIN EN 60146 / VDE 0558 only a voltage slowly increasing up to the above value should be used. If the voltage is applied for one minute as recommended by the above standard then the specified value of 2000V should be taken.

During the test, all electrical terminals of the bridge rectifier must be connected with each other in order to avoid damage by inductively or capacitively induced voltage transients. The test voltage is applied between the connected terminals and the baseplate.

P_{tot} – Total Power Dissipation

Maximum value of a steady state power dissipation, temperatures and cooling conditions stated, with no margins allowed for overload.

P_{PPM} – Peak Pulse Power Dissipation

Maximum value of a single power peak, at stated pulse waveform and temperature.

Grenzwerte

V_{DC} – Sperrgleichspannung

Höchstwert der dauernd anliegenden Gleichspannung in Sperr-Richtung. Wird verlangt für die Qualifizierung gemäß AEC-Q101, und wird deshalb nur für -AQ Bauteile definiert. Es empfiehlt sich, nicht mehr als 50% des V_{RRM} als dauernd anliegende Gleichspannung vorzusehen.

V_{RRM} – Periodische Spitzensperrspannung

Höchstwert von periodisch auftretenden kurzzeitigen Spannungsspitzen. Da die Höhe solcher Spannungsspitzen nur schwer vorhersehbar ist, empfiehlt sich eine Sicherheitsreserve von mindestens 20%.

V_{RSM} – Stoßspitzensperrspannung

Höchstwert von gelegentlich auftretenden kurzzeitigen Spannungsspitzen.

V_{VRMS} –

Empfohlene Anschluss-Wechselspannung

Effektivwert der höchsten Wechselspannung, an der ein Brückengleichrichter unter normalen Betriebsbedingungen und bei vorübergehenden Spannungserhöhungen um max. 10 % dauernd betrieben werden kann. Ein richtig bemessener Überspannungsschutz ist dann erforderlich, wenn Spannungsspitzen höher als 80% des V_{RRM} auftreten können.

V_{ISO} – Isolationsspannung

Bei jedem Brückengleichrichter mit spezifiziertem V_{ISO}-Parameter wird die Isolierung zwischen den kurzgeschlossenen Anschlüssen und dem Gehäuse bzw. der Bodenplatte eine Sekunde lang mit einer Wechselspannung von 2500V geprüft.

Bei einer Wiederholung der Isolationsprüfung durch den Anwender, z. B. zu Kontrollzwecken oder bei der Isolationsprüfung des fertigen Gerätes, darf gemäß IEC-Publikation 146 bzw. DIN EN 60146 / VDE 0558 nur mit einer allmählich auf diesen Wert ansteigenden Spannung geprüft werden. Wird die Prüfspannung, wie in den genannten Bestimmungen vorgeschrieben, eine Minute lang aufrechterhalten, so ist mit dem dort vorgeschriebenen Wert von 2000V zu prüfen.

Bei der Prüfung sind sämtliche Anschlüsse des Brückengleichrichters miteinander zu verbinden, um eine unzulässige Beanspruchung der Dioden durch induktiv oder kapazitiv übertragene Spannungen zu verhindern. Die Prüfspannung wird zwischen den miteinander verbundenen Anschlüssen und der Bodenplatte angelegt.

P_{tot} – Gesamte Verlustleistung

Maximal zulässiger Wert der Dauerverlustleistung unter den angegebenen Betriebsbedingungen. Dabei sind keinerlei Überlastungen zulässig.

P_{PPM} – Impuls-Verlustleistung

Maximal zulässiger Wert der Impuls-Verlustleistung bei gegebener Kurvenform und Temperatur.

Maximum ratings

I_{FAV} –

Maximum Average Forward Rectified Current

Maximum value of a continuous average forward current for the current waveform, temperatures and cooling conditions stated, with no margins allowed for overload. If e. g. the I_{FAV} is defined based on a terminal temperature T_T, the user must ensure by according cooling measures, that admissible terminal temperature is not exceeded. For that purpose, it is a good practice not to exceed 50% of the rated I_{FAV}.

I_{FRM} – Repetitive Peak Forward Current

Maximum allowable peak value of a repetitive forward current. It is often specified as the peak value of a half sine wave with ¼ period length, which equals to I_{FAV} × 2π. A good practice limits this value to about 20% of I_{FSM}, especially for bridge rectifiers. Some diode data sheets contain the curve "peak current versus number of cycles", here the period length is ½ and peak becomes I_{FAV} × π. Small signal diodes are tested on rectangular pulses with 50% duty cycle, resulting in I_{FAV} × 2. The average value of the load current is limited in any case by the maximum admissible junction temperature T_{jmax}.

I_{FSM} – Maximum Forward Surge Current

Maximum peak value of a single half sinewave current with specified length superimposed on rated load. Immediately afterwards, the reverse voltage should not exceed 50 % of the repetitive peak reverse voltage for at least 10 ms.

i²t – Rating for Fusing

Value for selection of a suitable fuse to protect the diode against short circuit overload. The i²t-value of the fuse over the specified time and for the input voltage applied must be less than the rating for fusing of the diode.

For a half sine wave with peak I_{PK} and length t_p in a range of about 1 ms ... 100 ms it becomes:

$$i^2t = 0.5 * I_{PK}^2 * t_p$$

Use for an exponentially decreasing pulse

$$t_p = \tau \text{ (time constant)} = 1/\ln 2 * T_{1/2} \text{ (half-life)}$$

At rectangular pulses it becomes

$$i^2t = I_{PK}^2 * t_p$$

Grenzwerte

I_{FAV} – Dauergrenzstrom

Arithmetischer Mittelwert des höchsten dauernd zulässigen Durchlass-Stromes unter den angegebenen Betriebsbedingungen wie Stromform, Temperaturen und Kühlbedingungen. Dabei sind keinerlei Überlastungen zulässig. Wenn z. B. der I_{FAV} bei einer bestimmten Anschlusstemperatur T_T definiert ist, dann muss der Anwender sicherstellen, dass diese Temperatur durch geeignete Kühlmaßnahmen nicht überschritten wird. Eine gute Vorgehensweise ist hier die Belastung mit nicht mehr als 50% des spezifizierten I_{FAV}.

I_{FRM} – Periodischer Spitzenstrom

Höchstzulässiger periodischer Spitzenwert eines wiederholbaren Durchlass-Stromes. Er wird oft als Spitzenwert einer Sinushalbwellen mit ¼ der Periodendauer angegeben, was I_{FAV} × 2π entspricht. Es hat sich in der Praxis bewährt, diesen Wert auf 20% von I_{FSM} zu begrenzen, insbesondere bei Brückengleichrichtern. Einige Dioden-Datenblätter enthalten die Kurve „Spitzenstrom über Anzahl der Zyklen“. Hier wird mit ½ der Periodenlänge gerechnet und der Spitzenwert wird zu I_{FAV} × π. Bei Kleinsignaldioden wird ein Rechteckimpuls mit einem Tastverhältnis von 50 % verwendet, was zu I_{FAV} × 2 führt. Der Mittelwert dieses Stromes wird in jedem Fall durch T_{jmax} begrenzt.

I_{FSM} – Maximaler Stoßstrom

Höchstzulässiger Scheitelwert einer einmaligen Sinushalbwellen der im Datenblatt spezifizierten Länge bei Nennlast. Unmittelbar danach darf die Sperrspannung für 10 ms nicht mehr als 50% der Spitzensperrspannung betragen.

i²t – Grenzlasterintegral

Bezugsgröße für die Auswahl der für den Kurzschlusschutz einer Diode erforderlichen Sicherung. Der i²t-Wert der Sicherung im spezifizierten Zeitintervall und bei der vorgesehenen Anschluss-Spannung muss kleiner sein als das Grenzlasterintegral der Diode. Für eine Sinus-Halbwellen der Höhe I_{PK} und der Länge t_p gilt im Bereich von etwa 1 ms ... 100 ms:

$$i^2t = 0.5 * I_{PK}^2 * t_p$$

Bei exponentiell abklingenden Strompulsen ist

$$t_p = \tau \text{ (Zeitkonstante)} = 1/\ln 2 * T_{1/2} \text{ (Halbwertszeit)}$$

Bei Rechteckpulsen gilt

$$i^2t = I_{PK}^2 * t_p$$

Maximum ratings

T_{jmax} – Admissible Junction Temperature

This value must not be exceeded for short pulse loads. The permanently occurring junction temperature should stay for a reliable operation ideally under 100°C respectively just slightly above. Reason is the commonly valid Arrhenius equation, telling simplified that any temperature rise by 10K reduces the lifetime by half.

T_j can be derived as follows:

$$T_j = T_x + R_{thx} * P_{tot}$$

Where P_{tot} = total power loss, R_{th} = thermal resistance and X =

- A: Ambient temperature ¹⁾
- T: Terminal temperature
- L: Lead temperature ¹⁾
- C: Case temperature – Metallic surface!

Characteristics

V_F – Forward Voltage Drop

At specified forward current and temperature. Measured with pulses, to avoid self-heating. Has a negative temperature coefficient (decreases proportional with rising temperature).

I_R, I_D – Reverse Current

At specified reverse voltage and temperature. Measured with pulses, to avoid self-heating. Increases exponentially with rising temperature.

V_{WM} – Working Voltage, Stand-off Voltage

The maximum admissible voltage load on a TVS for a longer but limited time duration. It is recommended not to exceed 80% of V_{WM} for a DC load.

V_Z, V_{BR} – Zener or Breakdown Voltage

At specified reverse test current and temperature. Measured with pulses, to avoid self-heating. The results of the single devices are distributed inside the given tolerance band. The often used E24 standard gives a tolerance band which is approximately, but not exactly inside $\pm 5\%$ of the nominal value. Changes with temperature by the given temperature coefficient:

α_{VZ} – Temperature Coefficient

Provided with unit [$10^{-4}/^{\circ}C$]. The drift of the Zener voltage can then be calculated by using this formula:

$$\Delta V_Z = (T_j - 25^{\circ}C) * \alpha_{VZ} * V_{Z(25^{\circ}C)}$$

Grenzwerte

T_{jmax} – Maximale Sperrschichttemperatur

Dieser Wert darf bei kurzzeitiger Pulsbelastung nicht überschritten werden. Die dauernd auftretende Sperrschichttemperatur sollte für einen zuverlässigen Betrieb eines Bauteils idealerweise unter 100°C bleiben bzw. nur wenig darüber liegen. Grund ist die allgemein gültige Arrhenius-Gleichung, die vereinfacht besagt, dass eine Temperaturerhöhung um 10K die Lebensdauer eines Produktes halbiert. T_j lässt sich wie folgt ermitteln:

$$T_j = T_x + R_{thx} * P_{tot}$$

Mit P_{tot} = gesamte Verlustleistung, R_{th} = thermischer Widerstand und X =

- A: Umgebungstemperatur ¹⁾
- T: Temperatur Anschluss-/Kontaktfläche
- L: Temperatur Anschlussdraht ¹⁾
- C: Temperatur Metallische Gehäusefläche

Kennwerte

V_F – Fluss-Spannung

Bei gegebenem Vorwärtsstrom und Temperatur. Gemessen mit Pulsen, um Selbsterwärmung zu vermeiden. Hat einen negativen Temperaturkoeffizienten (sinkt proportional zu steigender Temperatur).

I_R, I_D – Sperrstrom

Bei gegebener Sperrspannung und Temperatur. Gemessen mit Pulsen, um Selbsterwärmung zu vermeiden. Steigt exponentiell mit steigender Temperatur.

V_{WM} – Sperrspannung

Die maximal zulässige Spannungsbeanspruchung für eine TVS-Diode bei längerer aber begrenzter Zeitdauer. Es wird empfohlen, bei Dauerbelastung einen Wert von 80% des V_{WM} nicht zu überschreiten.

V_Z, V_{BR} – Zener- oder Abbruchspannung

Bei gegebenem Teststrom und Temperatur. Gemessen mit Pulsen, um Selbsterwärmung zu vermeiden. Die Ergebnisse der einzelnen Bauelemente streuen innerhalb des spezifizierten Toleranzbandes. Die oft verwendete E24-Reihe ergibt ein Toleranzband, das ungefähr, aber nicht exakt $\pm 5\%$ um den Nennwert herum liegt. Ändert sich mit der Temperatur gemäß dem gegebenen Temperaturkoeffizienten:

α_{VZ} – Temperaturkoeffizient

Angegeben in der Einheit [$10^{-4}/^{\circ}C$]. Die Drift der Zenerspannung kann somit über diese Formel ermittelt werden:

$$\Delta V_Z = (T_j - 25^{\circ}C) * \alpha_{VZ} * V_{Z(25^{\circ}C)}$$

1 Measured as specified in the data sheet – Gemessen wie im Datenblatt spezifiziert

Characteristics

V_C – Clamping Voltage

The clamping voltage of a TVS diode at other current values than I_{ppm} can be interpolated from the slope resistance of the breakdown curve:

$$r_{brj} = (V_C - V_{BRmax}) / (I_{PPM} - I_T)$$

$$V_C(I_C) = V_{BRmax} + r_{brj} * I_C$$

(valid for I_C >> I_T)

C_j – Junction Capacitance

Includes beside the capacitance of the junction also that of the contact terminals of the device. Also called total capacitance or virtual junction capacitance. Changes with reverse voltage applied.

R_{thX} – Thermal Resistance Junction to X

Where X = A: Ambient temperature ¹⁾
 T: Terminal temperature
 L: Lead temperature ¹⁾
 C: Case temperature at metallic surface!

This value is specified (correctly) in K/W = Kelvin per Watt. Some competitors specify (wrongly) this parameter in "°C/W"; both can be used in the identical way, there is no conversion required!

t_{rr} – Reverse Recovery Time

The time interval between the zero crossing of the forward current after reversing the diode's polarity and the point at which the decaying reverse current has reached the value given in the data sheet:

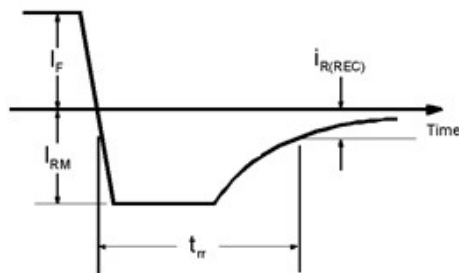


Figure 5.18 — DUT current waveform (condition B)

(From JESD282B.01)

The higher the rectified frequency, the smaller the reverse recovery time must be chosen, in order to keep switching losses small.

Kennwerte

V_C – Begrenzerspannung

Die Begrenzerspannung einer TVS-Diode bei anderen Stromwerten als I_{ppm} kann aus dem differentiellen Widerstand der Abbruchkurve interpoliert werden:

$$r_{brj} = (V_C - V_{BRmax}) / (I_{PPM} - I_T)$$

$$V_C(I_C) = V_{BRmax} + r_{brj} * I_C$$

(gültig wenn I_C >> I_T)

C_j – Sperrschichtkapazität

Beinhaltet neben der Sperrschichtkapazität auch die Kapazität der Kontaktanschlüsse des Bauteils. Wird daher auch Gesamtkapazität oder virtuelle Sperrschichtkapazität genannt. Ändert sich mit der angelegten Sperrspannung.

R_{thX} – Thermischer Widerstand Sperrschicht zu X

Mit X = A: Umgebungstemperatur ¹⁾
 T: Temperatur Anschluss-/Kontaktfläche
 L: Temperatur Anschlussdraht ¹⁾
 C: Temperatur Metallische Gehäusefläche

Dieser wird (korrekt) in K/W = Kelvin pro Watt angegeben. Manche Wettbewerber geben (fälschlicherweise) den Wert in "°C/W" an; beide Werte sind identisch verwendbar, eine Umrechnung ist nicht nötig!

t_{rr} – Sperrverzugszeit

Zeit zwischen dem Nulldurchgang des Durchlass-Stromes nach dem Umpolen der Diode und dem Zeitpunkt, zu dem der abklingenden Sperrstrom den im Datenblatt angegebenen Wert erreicht hat:

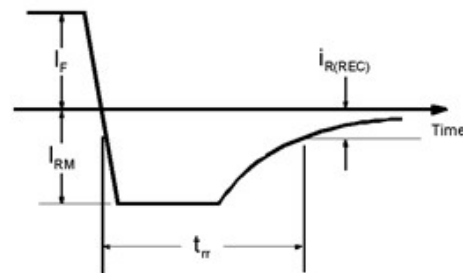


Figure 5.18 — DUT current waveform (condition B)

(Aus JESD282B.01)

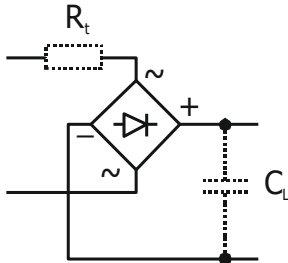
Die Sperrverzugszeit muss umso kleiner gewählt werden, je höher die gleichgerichtete Frequenz ist, um die Schaltverluste klein zu halten.

1 Measured as specified in the data sheet – Gemessen wie im Datenblatt spezifiziert

Characteristics

C_L – Capacitance of Load Capacitor **R_t – Protective Resistance**

The values of load capacitor and protective resistance provided in some bridge rectifier data sheets are recommendations for a safe operation of the device.



They are chosen in a way that the inrush current during initial turn-on with maximum admissible voltage amplitude does not overload the rectifier (parameter I_{FSM}!):

$$R_t = V_{RRM} / I_{FSM}$$

The value of the equivalent resistance R_t includes all components in the path loading the capacitor. If e. g. a transformer is used, the electrical impedance of its winding can be added to R_t.

In case the R_tC_L time constant is less than a quarter of the 50 Hz mains period, C_L can be charged within a single cycle duration:

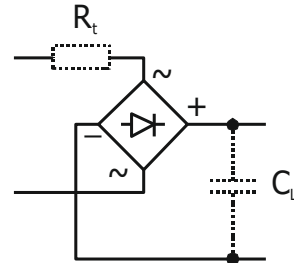
$$C_L = 5 \text{ ms} / R_t$$

The inrush current per every bridge diode occurs then as a single pulse only!

Kennwerte

C_L – Kapazität des Ladekondensators **R_t – Schutzwiderstand**

Die Werte von Ladekondensator und Schutzwiderstand in einigen Datenblättern von Brückengleichrichtern sind Empfehlungen für einen sicheren Betrieb des Bauteils.



Sie sind so gewählt, dass der Ladestromstoß beim Einschalten mit der höchsten zulässigen Spannungsamplitude den Gleichrichter (Parameter I_{FSM}!) nicht überlasten:

$$R_t = V_{RRM} / I_{FSM}$$

Der Ersatzwiderstand R_t schließt die Widerstände aller Elemente in dem vom Ladestrom durchflossenen Stromkreis ein. So kann z. B. die Impedanz der Wicklung eines vorhandenen Transformators zu R_t hinzugerechnet werden.

Falls die R_tC_L Zeitkonstante kleiner ist als ¼ der 50 Hz-Netzperiode, kann C_L innerhalb einer einzigen Periodendauer aufgeladen werden:

$$C_L = 5 \text{ ms} / R_t$$

Der Einschaltstromstoß tritt dann pro Brückendiode nur als Einzelpuls auf!

List of Symbols – Symbolverzeichnis

α_{IP}	Temperature coefficient alpha I_p	Temperaturkoeffizient Alpha I_p
α_{VZ}	Temperature coefficient alpha V_z	Temperaturkoeffizient Alpha V_z
C_j	(Virtual) junction capacitance	(Virtuelle) Sperrschichtkapazität
C_{tot}	Total capacitance	Gesamtkapazität
C_L	Capacitance of load capacitor	Kapazität des Ladekondensators
Δ_{XY}	Delta/difference between X and Y	Delta/Differenz zwischen X und Y
E_{RSM}	Non-repetitive peak reverse avalanche energy	Einmalige Avalanche-Energie in Sperr-Richtung
f	Frequency	Frequenz
f_p	Pulse frequency	Impulsfrequenz
f_T	Gain-bandwidth product	Transitfrequenz
F	Noise figure	Rauschmaß
F_{pmax}	Maximum pressing force	Maximale Einpresskraft
g_{FS}	Forward transconductance	Übertragungssteilheit
h_{FE}	DC current gain	Kollektor-Basis Stromverhältnis
i^2t	Rating for fusing	Grenzlastintegral
i_f	Instantaneous forward current	Augenblickswert des Durchlassstromes
$I_{B(M)}$	(Maximum) Base current	(Maximaler) Basis-Strom
I_{BO}	Breakover current	Durchbruchstrom
$I_{C(M)}$	(Maximum) Collector current	(Maximaler) Kollektor-Strom
$I_{D(M)}$	(Maximum) Drain current	(Maximaler) Drain-Strom
I_F	Forward current	Durchlass-Strom
I_{FAV}	Maximum average forward current of a diode / at the output of a bridge rectifier	Dauergrenzstrom einer Diode / am Ausgang eines Brückengleichrichters
I_{FRM}	Repetitive peak forward current	Periodischer Durchlass-Spitzenstrom
I_{FSM}	Surge forward current (non-repetitive)	Stoßstrom (nicht periodisch)
I_{FSM1}	... of lowest current or reverse voltage class	... der niedrigsten Strom- oder Spannungsklasse
I_K	Cathode current	Kathodenstrom
I_P	Pinch-off current, regulator current	Begrenzerstrom
I_{PM}	Peak trigger current	Trigger Strom (Spitzenwert)
I_{PPM}	Peak pulse current	Impulsstrom (Spitzenwert)
I_R	Reverse (leakage) current; reference current	Sperrstrom, Leckstrom; Referenzstrom
I_{RSM}	Non-repetitive peak reverse avalanche current	Einmaliger Avalanche-Strom in Sperr-Richtung
I_Z	Zener current, operating current in breakdown	Zener-Strom, Arbeitsstrom im Abbruch
I_{Zmax}	Maximum admissible Zener current	Maximal zulässiger Zener-Strom
I_{Ztest}	Zener current used for testing V_z	Zener-Strom zur Messung von V_z
$I_{XYO}^{1)}$	Current from X to Y, 3 rd pin open	Strom von X nach Y, 3. Anschluss offen
$I_{XYS}^{1)}$	Current from X to Y, 3 rd pin short	Strom von X nach Y, 3. Anschluss kurz
i^2t	Rating for fusing	Grenzlastintegral
$P_{M(AV)}$	Steady state power dissipation	Verlustleistung im Dauerbetrieb
P_{PPM}, P_{ZSM}	Peak pulse power dissipation	Impuls-Verlustleistung
P_{tot}	Total power dissipation	Gesamt-Verlustleistung
$R_{DS(on)}$	Drain-Source on-resistance	Drain-Source Einschaltwiderstand

1 X, Y = C, E, B, or/oder D, S, G

R_{thC}	Thermal resistance junction to case (= metallic part of the case / heat flange)	Wärmewiderstand Sperrschicht – Gehäuse (= metallischer Teil des Gehäuses / Kühlfahne)
R_{thL}	Thermal resistance junction to lead	Wärmewiderstand Sperrschicht - Anschlussdraht
R_{thT}	Thermal resistance junction to terminals	Wärmewiderstand Sperrschicht - Kontaktfläche
R_{thA}	Thermal resistance junction to ambient	Wärmewiderstand Sperrschicht - Umgebung
R_t	Protective resistance, e. g. transformer equivalent impedance	Schutzwiderstand, z. B. äquivalente Transformatorimpedanz
r_{zj}	Dynamic resistance of Zener characteristic	Differentieller Widerstand der Zener-Kennlinie
t_{fr}	Forward recovery time	Durchlassverzug
t_{on}	turn-on time	Einschaltzeit
t_{off}	turn-off time	Ausschaltzeit
t_p	Pulse duration	Impulsdauer
t_{rr}	Reverse recovery time	Sperrverzug
T	Temperature, Duration of a full cycle	Temperatur, Periodendauer
T_A	Ambient temperature	Umgebungstemperatur
T_j	Junction temperature	Sperrschichttemperatur
T_S	Storage temperature	Lagerungstemperatur
T_T	Temperature of the terminals (SMD)	Temperatur der Kontaktflächen (SMD)
V_{AK}	Peak operating voltage	Maximale Arbeitsspannung
V_{BR}	Breakdown voltage	Abbruchspannung
V_{BO}	Breakover voltage	Blockier-, Durchbruchspannung
V_C	Clamping voltage	Begrenzerspannung
V_{CEsat}	Collector-Emitter saturation voltage	Kollektor-Emitter Sättigungsspannung
V_{DC}	Maximum DC blocking voltage	Maximale Gleichspannung in Sperr-Richtung
V_F	Forward voltage drop	Durchlass-Spannung
V_{F1}	... of lowest current or reverse voltage class	... der niedrigsten Strom- oder Spannungsklasse
V_{F125}	... at 125°C	... bei 125°C
$V_{GS(th)}$	Gate-Source threshold voltage	Gate-Source Schwellspannung
V_{ISO}	Isolation voltage	Isolationsspannung
V_{KA}	Cathode voltage	Kathoden-Spannung
V_L	Limiting voltage	Grenzspannung
V_R	Reverse voltage	Sperrspannung
V_{RD}	Rated DC voltage in half-wave rectification	Anschlussgleichspannung in Einweggleichrichtung
V_{REF}	Reference voltage	Referenzspannung
V_{RRM}	Repetitive peak reverse voltage	Periodische Spitzensperrspannung
V_{RSM}	Surge peak reverse voltage	Stoßspitzensperrspannung
V_{VRMS}	Maximum alternating input voltage	Maximale Eingangswechselspannung
V_{WM}	Maximum stand-off voltage	Maximale Sperrspannung
$V_{XYO}^{2)}$	Voltage between X and Y, 3 rd pin open	Spannung zwischen X und Y, 3. Anschluss offen
$V_{XYS}^{1)}$	Voltage between X and Y, 3 rd pin short	Spannung zwischen X und Y, 3. Anschluss kurz
V_Z	Zener voltage	Zener-Spannung, Referenzspannung
Z_{KA}	Dynamic output impedance	Ausgangs impedanz
Z_{th}	Transient thermal impedance	Transienter Wärmewiderstand

2 X, Y = C, E, B, or/oder D, S, G

All rights reserved

The information presented in our data sheets and other documents is to the best of our knowledge true and accurate. It describes the type of component or application and shall not be considered as assured characteristics. No warranty or guarantee, expressed or implied is made regarding the capacity, delivery, performance or suitability of any product or circuit etc, neither does it convey any license under the patent rights of others.

Diotec reserves the right to make changes without further notice. However, regular updating of all product information is provided on our website ¹⁾. All Diotec products are sold and shipped subject to our "Standard Terms and Conditions of Business" ²⁾. The reproduction of all documents is prohibited without the expressed written permission of Diotec Semiconductor AG's Managing Board.

Disclaimer

1. All products described or contained are designed and intended for use in standard applications, so called commercial/ industrial grade, requiring an ordinary level of reliability.

2. Some products are available with the special grades "AEC-Q101 compliant" respectively "AEC-Q101 qualified". These are automotive standards ³⁾.

3. Customers using these parts in applications requiring a special or specific grade of quality or reliability, such as (but not limited to) life supporting devices or systems, where failure or malfunction of the product may directly affect human life or health, are obliged to validate whether the use in such cases is appropriate.

Diotec does not assume any liability arising out of such applications or uses of its products. Usage in all such cases is on the own and sole risk of the customer.

4. Although Diotec continuously enhances the quality and reliability of its products, customers must incorporate sufficient safety measures in their designs, such as redundancy, fire containment, and anti-failure, so that personal injury, fire or environmental damage can be prevented. Diotec excludes explicitly every implied warranty or liability regarding the fitness of the products to any other than standard applications.

5. All information described or contained herein are subject to change without notice. Please contact Diotec to obtain the latest information before incorporating Diotec products into any design.

6. All information described and contained herein are intended only to enable the buyer to order Diotec's products. The information must not be used for any other purpose.

7. In the event that any product described or contained herein falls under the category of strategic products controlled by the German Federal Office of Economics and Export Control, this product must not be exported without obtaining an export license from the German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action in accordance with the valid laws.

Alle Rechte vorbehalten

Die Angaben in unseren Datenblättern und sonstigen Dokumenten sind nach bestem Wissen und Gewissen gemacht. Sie dienen jedoch allein der Beschreibung und sind nicht als zugesagte Eigenschaften im Rechts-Sinne zu verstehen. Es wird keine Gewähr bezüglich Liefermöglichkeit, Ausführung oder Einsatzmöglichkeit der Bauelemente übernommen, noch dass die angegebenen Bauelemente, Baugruppen, Schaltungen etc. frei von Schutzrechten sind.

Wir behalten uns Änderungen der aufgeführten Daten ohne vorherige Ankündigung vor. Alle Änderungen werden jedoch regelmäßig auf unserer Internet-Seite veröffentlicht ¹⁾. Verkauf und Lieferung von Diotec-Produkten erfolgt gemäß unseren "Allgemeinen Geschäftsbedingungen" ²⁾. Die Vervielfältigung aller Dokumente ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Vorstandes der Diotec Semiconductor AG gestattet.

Haftungsausschluss

1. Alle beschriebenen oder enthaltenen Produkte sind für den Gebrauch in Standardanwendungen mit einem gewöhnlichen Zuverlässigkeitsniveau entworfen und bestimmt, bekannt als kommerziell/industrielle Anwendungen.

2. Einige Produkte sind mit den speziellen Qualifikationen „AEC-Q101 konform“ oder „AEC-Q101 qualifiziert“ erhältlich. Dies sind Automotive-Standards ³⁾.

3. Falls diese Produkte in Anwendungen verwendet werden sollen, die einen besonderen Grad der Qualität oder Zuverlässigkeit erfordern, z. B. (aber nicht begrenzt auf) lebenserhaltende Geräte oder Systeme, bei denen durch Ausfall oder eine Störung des Produktes menschliches Leben oder Gesundheit direkt beeinflusst werden kann, ist der Anwender verpflichtet sicherzustellen, dass der beabsichtigte Gebrauch des vorgesehenen Produktes unbedenklich ist.

Diotec übernimmt keine Haftung die sich aus solchen Anwendungen oder der Verwendung der Produkte ergibt. Der Gebrauch für alle solche Anwendungen erfolgt auf eigenes und ausschließliches Risiko des Anwenders.

4. Obwohl Diotec die Qualität und die Zuverlässigkeit seiner Produkte beständig erhöht, müssen Kunden ausreichende Sicherheitsvorkehrungen in ihren Designs vornehmen – wie Redundanz, Feuereindämmung und Ausfallschutz – damit Personenschäden, Feuer oder Umweltschädigung verhindert werden können. Diotec schließt ausdrücklich jede implizierte Garantie oder Verbindlichkeit aus, welche die Eignung der Produkte zu irgendwelchen anderen als Standardanwendungen betrifft.

5. Alle Informationen, die hier beschrieben oder enthalten sind, können jederzeit ohne jede Benachrichtigung geändert werden. Vor Einsatz eines Diotec Produktes in irgendeiner Anwendung sind bei Diotec die neuesten Informationen einzuholen.

6. Alle Informationen, die hier beschrieben oder enthalten sind, sollen dem Kunden nur ermöglichen, Diotec Produkte zu bestellen. Die Informationen dürfen zu keinem anderen Zweck verwendet werden.

7. Sollte ein hier beschriebenes oder enthaltenes Produkt unter Beschränkungen fallen, die durch das deutsche Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle geregelt werden, darf dieses Produkt in Übereinstimmung mit den gültigen Gesetzen nicht ohne Exportgenehmigung vom deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz exportiert werden.

1 Refer to <http://diotec.com/> "Products/Product Changes" respectively "News/Datasheets"
Siehe <http://diotec.com/> „Produkte/Produktänderungen“ bzw. „News/Datenblätter“

2 Refer data book or <http://diotec.com/> "Company" – Siehe Datenbuch oder <http://diotec.com/> „Unternehmen“

3 Refer to <http://diotec.com/> "Products/Information/Qualification/Commercial Grade and AEC-Q101"
Siehe <http://diotec.com/> „Produkte/Informationen/Qualifizierung/Standard und AEC-Q101“