

Verlustleistung von Halbleitern

27. MÄRZ 2016

VERSION 1.01

Die hier angeführte
Grenzwertbetrachtung
betrachtet nicht die zu
erwartenden deutlich
verkürzte Lebensdauer der
Bauelemente.
Verbrennung durch Berühren
oder weitere Gefahren sind
ebenfalls nicht
berücksichtigt.

Die Berechnung der Kühlung eines Halbleiters oder jeden einzelnen Transistors entspringt der Wärmelehre.

Zunächst einige Begriffe

T_J die entstehende Wärme in der Sperrschicht (junction)
diese Temperatur kann jedoch nicht gemessen werden.
= Funktion der Technologie, daher Datenblatt- oder Herstellerangabe
z.B. 125°C (unabhängig von der Bauform)

T_C die Gehäusetemperatur des Halbleiters, ist über das Substrat angebunden,

T_H die Temperatur des über dem Gehäuse befindlichen (optionalen) Kühlkörpers (heatsink)

T_A ist die Umgebungstemperatur des Bauelementes / Halbleiters

P_V die Verlustleistung durch den entstehende Wärmestrom (Φ)

$$P_V = \Phi = \frac{T_J - T_A}{R_{th,JA}}$$

Es fehlen aber noch die thermischen Übergangswiderstände

R_{thJA} der Übergangswiderstand der Sperrschicht (junction) im Halbleiter zur Umgebung (ambient)
= Funktion der Bauform, daher Datenblatt- oder Herstellerangabe
z.B. 62K/W (für ein TO220-Gehäuse)

R_{thJC} der Übergangswiderstand der Sperrschicht (junction) zum Gehäuse (case)
= Funktion der Bauform, daher Datenblatt- oder Herstellerangabe
z.B. 5K/W (für ein TO220-Gehäuse)

Es handelt sich um ein lineares Netzwerk,
daher gelten die Kirchhoff'schen Gleichungen:

$$T_C = T_A + R_{thCA} \times P_V$$

$$T_J = T_A + R_{thCA} \times P_V + R_{thJC} \times P_V$$

$$R_{thJA} = R_{thJC} + R_{thCA}$$

Beispiel:

Berechnung der max. Verlustleistung eines 7805 Festspannungsreglers
Bei angenommenen 45°C Innentemperatur (=Umgebungstemperatur des Halbleiters $T_{ambient}$) im eingebauten Gehäuse.

$$P_V = \frac{T_J - T_A}{R_{th,JA}} = \frac{125}{62,5} = 1,28W$$

Berechnung der hierbei erreichten Oberflächentemperatur

$$R_{thca} = R_{thja} - R_{thjc} = 62 \frac{K}{W} - 5 \frac{K}{W} = 57 \frac{K}{W}$$

$$T_C = T_A + R_{thca} \times P_V = 45^{\circ}C + 57 \frac{K}{W} \times 1,28W = 118^{\circ}C$$

Berechnung max. Einspeisespannung bei einer Stromabgabe von 250mA

$$P_V = (U_{in\ max} - 5V) \times 250mA$$

$$U_{in\ max} = 10,12V$$

Ergebnis:

- Die Herstellerangabe berücksichtigt nicht die Verlustleistung:
Eingangsspannung bis 32V,
Ausgangsspannung 5V / max 0,5A
- Die Eigenerwärmung wird schnell unterschätzt, ein Bauelement kann
durchaus „durchbrennen“ oder sich selbst auslöten
- Es kann sich eine Betrachtung des Wirkungsgrades lohnen
(Alternativen, z.B. Schaltregler)