

Inhalt

- 1) Wärmeübertragung
- 2) Kühlkörper – Definition
- 3) Verlustleistung
- 4) Wärmewiderstand
- 5) Kühlarten
- 6) Berechnung eines Kühlkörpers
- 7) Einflüsse auf den Wärmewiderstand
- 8) Rechenbeispiel
- 9) Verringerung durch Fremdlüftung

1.) Wärmeübertragung

- Wärmeleitung: von Molekül zu Molekül
- Wärmestrahlung: durch elektromagnetische Wellen
- Konvektion: Strömung von Teilchen
 - Eigenkonvektion (Strömung durch Dichteunterschiede)
 - Fremdkonvektion (Strömung durch ext. Quellen)

2.) Kühlkörper

Definition

Ein Kühlkörper ist ein Bauteil zur Verbesserung der Wärmeableitung und damit zur Temperaturabsenkung einer Wärmequelle. Gleichzeitig kann ein Kühlkörper auch als mechanisches Element dienen.

3.) Verlustleistung

- Wenn Strom durch Leiterbahnen fließt wird unter anderem elektrische Energie in Wärmeenergie umgewandelt.
- Die in Wärmeleistung umgesetzte Verlustleistung errechnet sich wie folgt:

$$P_{tot} = U * I$$

4.) Wärmewiderstand

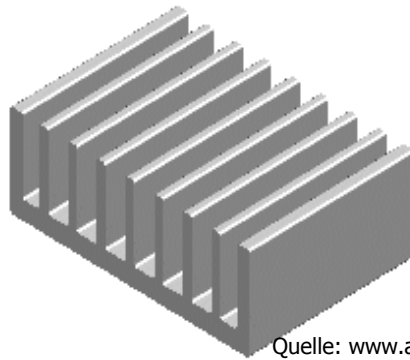
- Ist das Verhältnis des Temperaturanstiegs zur zugeführten Leistung
- Dient als Maß des Wärmeabgabevermögens von Kühlkörpern
- Je kleiner der Wärmewiderstand desto geringer ist der zu erwartende Temperaturanstieg
→ desto besser ist der Kühlkörper
- Einheit: K/W [Kelvin/Watt]

5.) Kühlarten

- 5.1) Passive Kühlung
- 5.2) Aktive Kühlung
- 5.3) Siedekühlung
- 5.4) Peltiereffekt

5.) Kühlarten

5.1) Natürliche Kühlung



Quelle: www.alutronic.de

- Kühlung durch natürlichen Luftzug
- Kühlkörper gibt Verlustwärme durch Konvektion und Strahlung ab
- Da Konvektion und Strahlung temperaturabhängig → nimmt der Wärmewiderstand bei steigender Temperatur zu

5.) Kühlarten

5.2) Verstärkte Kühlung

- Unterteilt in zwei Arten:
 - 1) Fremdlüftung
 - 2) Wasserkühlung

5.) Kühlarten

5.2) Verstärkte Kühlung

5.2.1) Fremdlüftung



Quelle: www.alutronic.de

- Kühlluft wird mit Lüfter durch Kühlrippen durchgesaugt
- Der Wärmewiderstand hängt von der Geschwindigkeit der durchströmenden Luft ab (je schneller desto mehr Verlustleistung kann abtransportiert werden)

5.) Kühlarten

5.2) Verstärkte Kühlung

5.2.2) Wasserkühlung

- Hat einen wesentlich geringeren Wärmewiderstand als die Fremdlüftung
- Wärmewiderstand nimmt mit zunehmender Kühlmittelgeschwindigkeit ab
- Verlustwärme wird durch Wasser abgeführt
- Das Wasser kann sich sowohl durch den natürlich thermischen Auftrieb als auch durch eine Pumpe durch den Kreislauf bewegen



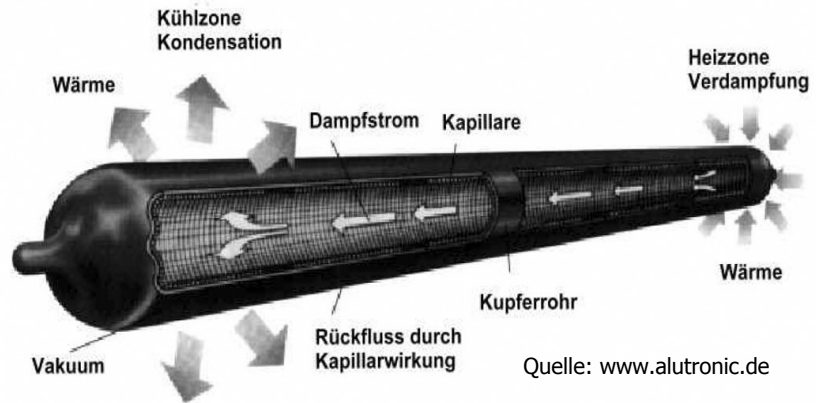
Quelle: Wikipedia

5.) Kühlarten

5.3) Siedekühlung

Erklärt am Beispiel einer Heatpipe

- Wasser verdunstet auf der einen Seite und kondensiert auf der anderen wieder
- Das kondensierte Wasser wird mittels Kapillarwirkung wieder zurückgeführt
- Sehr effektiver Wärmetransport
- Die Heatpipe dient aber nur zum Wärmetransport und arbeitet nur in einem bestimmten Temperaturbereich



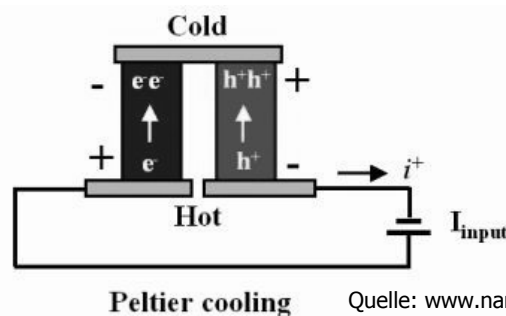
02.02.06

Florian Unverferth

12

5.) Kühlarten

5.4) Peltiereffekt



- Tritt auf wenn in zwei unterschiedlichen Metalle bzw. Halbleitern Strom fließt → an der Kontaktstelle kühlt sich der eine Leiter ab während der andere sich erwärmt
- Können auch Temperaturen unterhalb der Raumtemperatur erzeugen

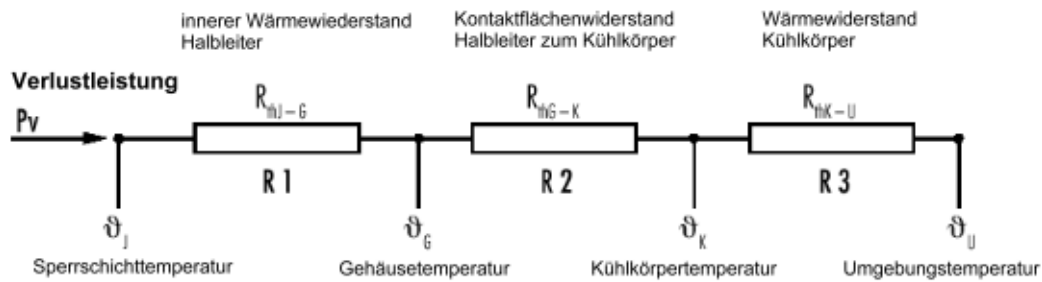
02.02.06

Florian Unverferth

13

6.) Berechnung eines Kühlkörpers

6.1) Thermisches Ersatzschaltbild



Quelle: Projektlaborhomepage/Alte Projekte

- R_{thK} ist der Wärmewiderstand
- ϑ_{jmax} ist die maximale Sperrschichttemperatur des Halbleiters
- R_{thG-K} kann durch Wärmeleitpaste verringert werden
- ϑ_u ist die Umgebungstemperatur (evtl. 10°-30° mehr)

$$R_{thK} = \frac{\vartheta_{jmax} - \vartheta_u}{P_v} - (R_{thJ-G} + R_{thG-K}) = \frac{\Delta \vartheta}{P_v} - (R_{thJ-G} + R_{thG-K})$$

6.) Berechnung eines Kühlkörpers

6.1) Thermisches Ersatzschaltbild

- ϑ_{jmax} ist die maximale Sperrschichttemperatur des Halbleiters lässt sich für die Praxis durch folgende Gleichung ausreichend berechnen:

$$\vartheta_{jmax} = \vartheta_G + P_v * R_{thG}$$

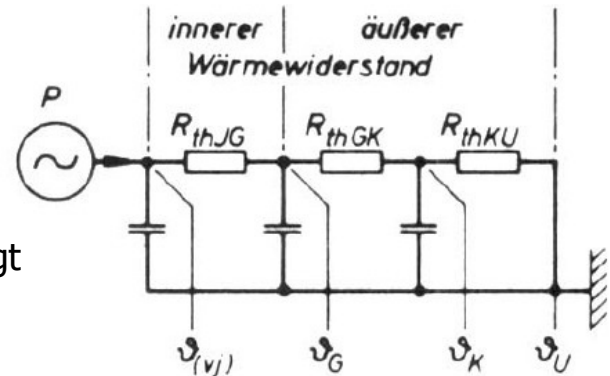
- Für ϑ_{jmax} sollte man einen Abschlag von 20°-30° machen

6.) Berechnung eines Kühlkörpers

6.2) Transienter thermischer Widerstand

- Berücksichtigt jetzt auch das Wärmespeichungsvermögen
→ geeignet für den Impulsbetrieb
- Wärmespeichungsvermögen wird durch Kapazitäten berücksichtigt
- Kette von RC-Gliedern mit:

$$\tau_n = R_{thn} C_{thn}$$



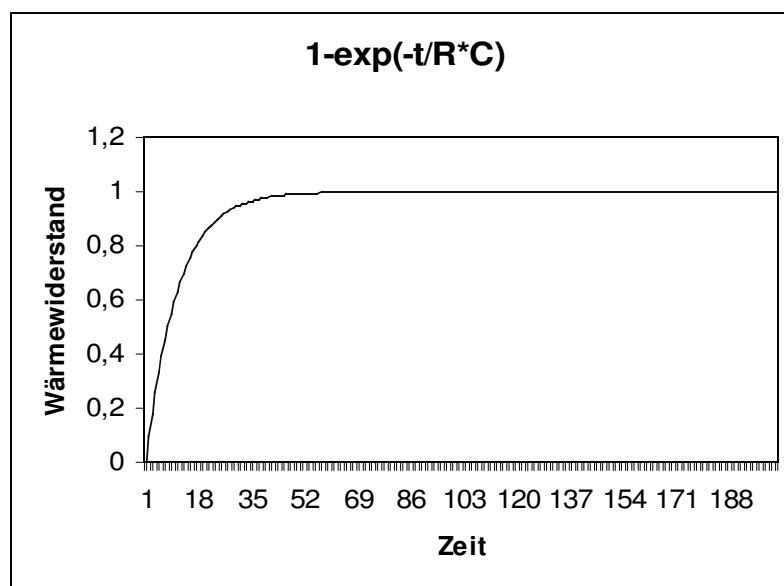
Quelle: Projektlaborhomepage/Alte Projekte

- Der gesamte thermische Widerstand lässt sich wie folgt berechnen:

$$Z_{tht} = \sum_{n=1}^m R_{thn} \left(1 - e^{\frac{-t}{\tau_n}}\right)$$

6.) Berechnung eines Kühlkörpers

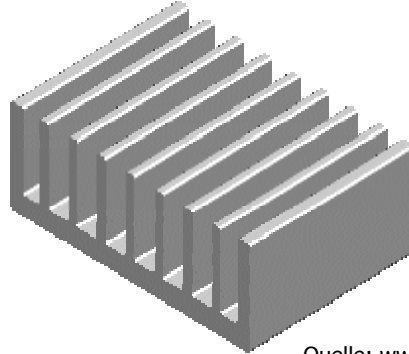
6.2) Transienter thermischer Widerstand



7.) Einflüsse auf den Wärmewiderstand

Einfluss des thermischen Übergangswiderstandes

- Abhängig von der Oberfläche, Anpressdruck und Füllmaterialien



Quelle: www.alutronic.de

Einfluss von Kühlrippen

- Strahlt im wesentlichen nur seine Umrisswärme ab
- Da Rippen zu eng → strahlt nicht nach Außen, nur an die nächste Rippenfläche → geringe Wärmestrahlung
- Rippenkühlkörper sind optimiert für Konvektion

02.02.06

Florian Unverferth

18

7.) Einflüsse auf den Wärmewiderstand

Effektive Rippenhöhe

- Rippenhöhen, die über die effektive Rippenhöhe hinausgeht trägt nicht mehr wesentlich zur Wärmeableitung bei

$$h_{eff} \approx \frac{\lambda}{\alpha_k * b}$$

- h_{eff} effektive Rippenhöhe
- λ spezifische Wärmeleitfähigkeit
- α_k Wärmeübergangskoeffizient aufgrund von Konvektion (entspricht dem Wärmeleitwert pro Flächeneinheit)
- b Rippenbreite

02.02.06

Florian Unverferth

19

8.) Rechenbeispiel anhand eines TO 3-Leistungstransistors

Gegeben aus Datenblatt:

- $P_v = 60W$
- $\vartheta_{jmax} = 180^\circ C$ ($-20^\circ C = 160K$)
- $\vartheta_u = 40^\circ C$ ($= 40K$)
- $R_{thJ-G} = 0,6K/W$
- $R_{thG-K} = 0,4K/W$ (Mittelwert)



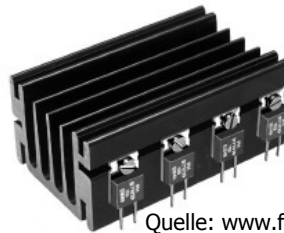
Quelle: www.fischerelektronik.de

$$R_{thK} = \frac{\vartheta_{jmax} - \vartheta_u}{P_v} - (R_{thJ-G} + R_{thG-K}) = \frac{160K - 40K}{60W} - (0,6 K/W + 0,4 K/W) = 1,0 K/W$$

8.) Rechenbeispiel anhand von 3 TO 3-Leistungstransistoren

Gegeben aus Datenblatt:

- $P_v = 60W$
- $\vartheta_{jmax} = 180^\circ C$ ($-20^\circ C = 160K$)
- $\vartheta_u = 40^\circ C$ ($= 40K$)
- $R_{thJ-G} = 0,6K/W$
- $R_{thG-K} = 0,4K/W$ (Mittelwert)



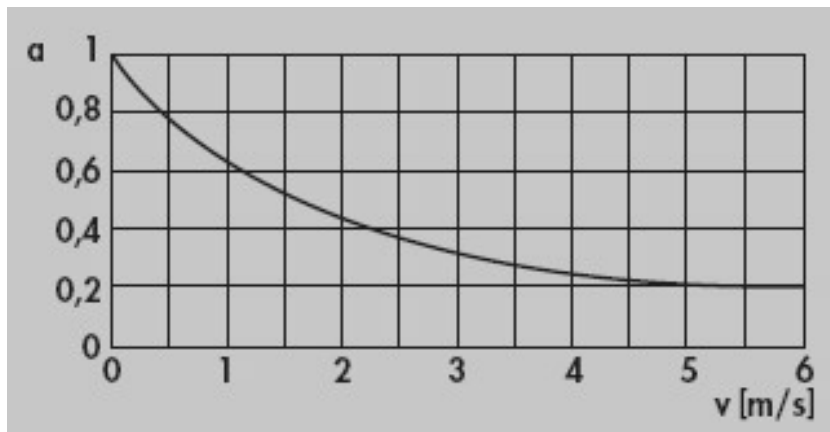
Quelle: www.fischerelektronik.de

$$\frac{1}{(R_{thJ-G} + R_{thG-K})} = \frac{1}{(0,6 K/W + 0,4 K/W)} + \frac{1}{(0,6 K/W + 0,4 K/W)} + \frac{1}{(0,6 K/W + 0,4 K/W)} = 3K/W$$

$$\Rightarrow (R_{thJ-G} + R_{thG-K}) = 0,33 K/W$$

$$R_{thK} = \frac{\vartheta_{jmax} - \vartheta_u}{P_v} - (R_{thJ-G} + R_{thG-K}) = \frac{160K - 40K}{60W} - (0,33 K/W) = 1,67 K/W$$

9.) Verringerung durch Fremdlüftung



Quelle: www.fischerelektronik.de

$$R_{thKf} = a * R_{thK}$$

- R_{thKf} : Wärmewiderstand mit Fremdlüftung
- R_{thK} : Wärmewiderstand ohne Fremdlüftung
- a : Proportionalitätsfaktor

Quellen:

- www.fischerelektronik.de
- [Projektlaborhomepage/Alte Projekte](#)
- www.alutronic.de
- Wikipedia
- www.nanomikado.de/projects.html