

Widerstände

Widerstände sind die grundlegenden Bauelemente fast jeder elektronischen Schaltung. Die unzähligen Bauformen, Werte und Eigenschaften beruhen auf Wahl und Formgebung des stromtragenden Widerstandsmaterials.

Eigenschaften von Widerständen

- Wert: Proportionalitätsfaktor zwischen Strom und Spannung gemäß dem ohmschen Gesetz. Einheit des Widerstands ist das Ω (Ohm): $1 \Omega = 1 \text{ V} / \text{A}$. Die Werte sind in Normreihen gestuft, die nach der Zahl der Werte pro Dekade benannt werden. Der Stufungsfaktor ist gleich der entsprechenden Wurzel aus 10 für eine konstante relative Höhe der Stufen.

Widerstände werden in einem Wertebereich von 1 m Ω bis zu 1 T Ω gefertigt, wobei sich der gebräuchliche Wertebereich etwa von 1 Ω bis 1 M Ω erstreckt.

Reihe	Toleranz	Stufungsfaktor
E6	$\pm 20\%$	$10^{1/6} = 1,4678$
E12	$\pm 10\%$	$10^{1/12} = 1,2115$
E24	$\pm 5\%$	$10^{1/24} = 1,10075$
E48	$\pm 2\%$	$10^{1/48} = 1,04914$
E96	$\pm 1\%$	$10^{1/96} = 1,0291$

Verwendete Normwerte der E6 und E12 Reihe:

E6	1,0	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8						
E12	1,0	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2

- Toleranz: Sie wird passend zur Stufung der Reihe so festgelegt sind, daß jeder Widerstand mit einem Normwert beschriftet werden kann.
- Belastbarkeit: Die zulässige elektrische Leistung im Widerstand. Kurzzeitig können Widerstände deutlich höher belastet werden \rightarrow Impulsbelastbarkeit
- Temperaturverhalten: Temperaturkoeffizient α_R : $\Delta R / R = \alpha_R \cdot \Delta T$
- HF-Verhalten: Bei hohen Frequenzen und kurzen Impulsen stören die Induktivität der Anschlußdrähte, der Wicklung von gewendelten und Drahtwiderständen und die Streukapazitäten. Spezialausführungen minimieren diese Störeinflüsse.
- Impulsbelastbarkeit: Extrem kurze Leistungsspitzen erwärmen nur das Widerstandsmaterial selbst. Das begünstigt Massewiderstände mit volumenleitendem Material, das die Wärme im gesamten Widerstandskörper aufnimmt, nicht nur in einer relativ dünnen Schicht oder Drahtwicklung.
- Langzeitkonstanz: Chemisch / physikalische Vorgänge im Widerstandsmaterial verändern den Widerstandswert, besonders bei hoher Belastung / Temperatur.

- Technologie: Für die Herstellung des Widerstandsmaterials sind eine Reihe von Standardmethoden üblich

Technologie	Aufbau	Eigenschaften
Kohleschicht	Kohleschicht auf Keramikkörper	Preiswert, gute Allroundeigenschaften
Massewiderstd. Kohle / SiC	Volumenleitfähiges Material mit Schutzüberzug	Gut für HF und Impulsbelastung Schlechte Konstanz und Rauschen
Metallschicht	Metallschicht auf Keramikkörper	Hervorragend in Konstanz und Rauschen
Draht	Metalldrahtwicklung auf Keramikkörper	Das Non-plus-ultra in Zuverlässigkeit, Konstanz und Rauschen. Leider Induktivität der Wicklung

Einsatzarten von Widerständen

- Allgemeiner Einsatz: Kleine Spannungen und Ströme, Werte nach Erfordernis der Schaltung.
- Meßwiderstände: Eng toleriert, sehr gute Temperatur- und Langzeitkonstanz. Strommessung: Der gemessene Strom verursacht einen Spannungsabfall am Widerstand. Meßwiderstände bis herab zu 1 m Ω werden aus temperaturkonstanter Metalllegierung wie z.B. Konstantan in 4-Leiter Technik ausgeführt. Für kleinste Ströme im nA und pA-Bereich gibt es Werte bis 1 T Ω . Spannungsmessung: Vorwiderstände oder Spannungsteiler aus 2 Widerständen. Für Hochspannung langer Körper zur Verminderung der Feldstärke.
- Hochlastwiderstände: Widerstände für hohe Ströme und zur Belastung von Leistungsstufen und Sendern, überwiegend Drahtwiderstände. In der Energietechnik Widerstände höchster Impulsbelastbarkeit aus SiC zur Strombegrenzung und Dämpfung.

Gehäuse von Widerständen und anderen passiven Bauelementen

- Bedrahtete Gehäuse: Zylindrischer Widerstandskörper mit axialen Drähten. Größe je nach Belastbarkeit. Seltener sind radiale Anschlußfahnen an Blechkappen.
- Leistungsgehäuse: Quaderförmiger Keramikkörper oder Metallgehäuse, teils zum Aufschrauben auf Kühlflächen. Auch mit Kühlrippen und Wassserkühlung.
- SMD-Gehäuse: Keramikplättchen mit Widerstandsschicht und lötbaren Endflächen. Wegen der Kleinheit geringe Streuinduktivität und Kapazität und Eignung für HF. Gute Wärmeabfuhr über die Lötstellen und auch in das Basismaterial. Bezeichnung = Maße in 1/100 Zoll, also 0805 = 0,08 * 0,05 Zoll = 2,03 * 1,27 mm.
- HF-Widerstände: Abschlußwiderstände und Abschwächer haben Koaxialstecker als Anschlüsse. Aufbau in Schicht oder Massetechnologie.