

# Hochpass, Tiefpass, Bode-Diagramm

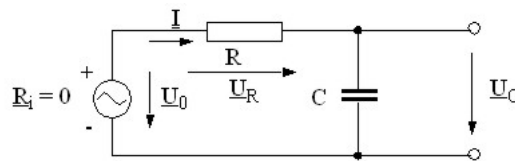
Martin Lang

7. Februar 2004

Diese kurze Erklärung beruht auf den Inhalten der Vorlesung „Technische Informatik I“; WS 03/04. (Universität Tübingen, Wilhelm-Schickardt-Institut für Informatik. Die Veranstaltung wurde angeboten vom Lehrstuhl für Rechnerarchitektur, Prof. Zell). Als inhaltliche Grundlage wird das Skript zur o.a. Vorlesung verwendet.

Ich möchte das Bode-Diagramm an den Beispielen von RC-Hoch-/Tiefpass-Schaltungen erklären:

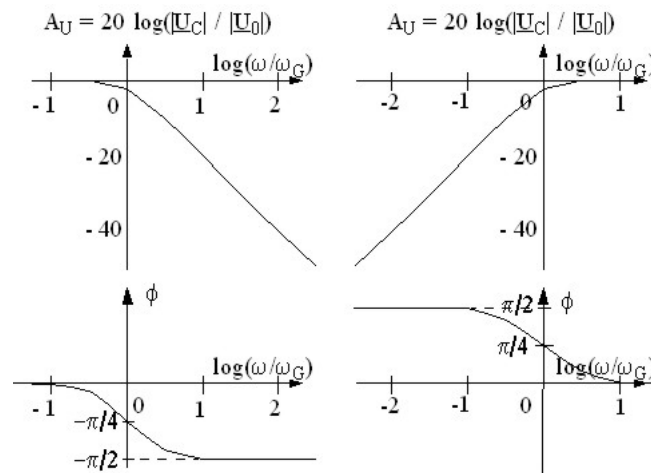
Der Tiefpass:



Ein Tiefpass wird verwendet, um Frequenzen oberhalb einer bestimmten Grenze herauszufiltern; daher auch der Name: die tiefen Frequenzen dürfen passieren.

Am Eingang liegt also ein Signal an, das Wechselspannungen in mehreren Frequenzen beinhalten kann. Am Ausgang sollen nur die Spannungen unterhalb einer bestimmten Frequenz vorhanden sein. Ein wirklich scharfer Schnitt ist natürlich mit analoger Technik nicht möglich; die hohen Frequenzen werden also nur abgeschwächt. Das ganze funktioniert so: Der Widerstand des Kondensators ist für tiefe Frequenzen höher als für hohe (je nach Kondensator variieren die Werte). An den Anschlüssen des Kondensators sind die Spannungen mit tiefer Frequenz also stärker vertreten als die mit hoher. In einer Reihenschaltung verhält es sich bekanntermaßen so, dass sich die Spannungen an den Widerständen im Verhältnis ihrer Größen aufteilen. Man kann das hier so betrachten, dass das, was nicht am Kondensator abfällt, an dem in Reihe geschalteten Ohmschen Widerstand anliegt (in diesem Fall vorwiegend die hohen Frequenzen).

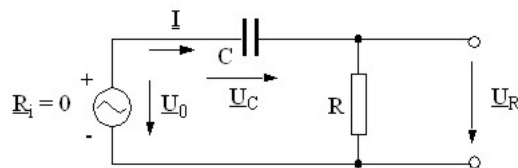
Die Spannung über dem Kondensator wird als Ausgangsspannung verwendet. Im Bode-Diagramm wird nun das Verhältnis von Eingangs- und Ausgangsspannung in Relation zur Frequenz der Signale gesetzt. Das Spannungsverhältnis wird an der Y-Achse aufgetragen, das Verhältnis von Kreisfrequenz der Eingangsspannungen zur Grenz(-kreis-)Frequenz auf der X-Achse; jeweils in logarithmischer Darstellung.



links Tiefpass, rechts Hochpass

Aus dem Bode-Diagramm lässt sich nun ablesen, wie sich das Spannungsverhältnis von Ein- und Ausgangsspannung bei verschiedenen Frequenzen ändert. Es lässt sich erkennen, welche Frequenzen besonders gut durch das Filter kommen, und welche wie stark gedämpft werden.

Der zweite Teil des Bode-Diagramms stellt die von der Kapazität (Kondensator) verursachte Phasenverschiebung dar. Eine Sinuskurve hat ihre Nulldurchgänge immer bei Vielfachen von  $\pi$ . Bei einem Tiefpass wird die (Spannungs-) Sinuskurve nach hinten verschoben. Das heißt, der Nulldurchgang ist dann nicht mehr synchron zum Nulldurchgang der Eingangsspannung, sondern erfolgt später. Bei einem idealen Kondensator wird die Sinuskurve um  $90^\circ$  nach hinten verschoben, also um  $\frac{\pi}{2}$ , da  $\omega = 2\pi f$ . Je höher die Frequenz, desto höher wird der Einfluss des Kondensators, deshalb steigt die Phasenverschiebung an und nähert sich den  $90^\circ$ . Daraus resultiert der o.a. Graph. Der Hochpass funktioniert genau umgekehrt



Hier wird die Ausgangsspannung jedoch über dem Ohmschen Widerstand abgegriffen, es wird also das benutzt, was beim Tiefpass „übrigblieb“. Am Ausgang liegen also die Spannungen mit hohen Frequenzen an.

Ein klassischer Anwendungsfall für solche Filter sind Frequenzweichen für Lautsprecherboxen. Die Frequenzen der Musik werden auf Hoch-, Mittel- und Tieftonlautsprecher entsprechend verteilt.