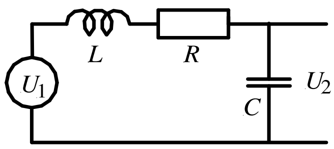
Equalizer und Allpässe: Teil 3

Manfred Zollner

Equalizer werden in der Studiotechnik vielfältig eingesetzt. Ihre Eigenschaften, die mit minimalphasig, linearphasig, maximalphasig, aktiv, passiv oder digital (FIR / IIR) beschrieben werden, sind den meisten Anwendern jedoch weitgehend unbekannt. Der dreiteilige Beitrag erläutert zunächst die systemtheoretischen Grundlagen, danach die praktische Anwendung, und liefert im letzten Teil ergänzende analytische Beschreibungen.

Der letzte Teil dieser Equalizer-Trilogie befasst sich ausführlicher mit der funktionen- und systemtheoretischen Seite dieser Filter, und greift die Unterschiede zwischen minimalphasigem und maximalphasigem Verhalten nochmals auf. **Abb. 15** zeigt die Schaltung eines passiven Tiefpassfilters zweiter Ordnung. Die Ordnung gibt die Anzahl der voneinander unabhängigen Speicher an, das sind in diesem Beispiel *ein* Kondensator und *eine* Spule. Die Übertragungsfunktion H dieses komplexen Spannungsteilers kann leicht berechnet werden. Sie ist eine **gebrochen rationale Funktion** zweiten Grades[♣]. Gebrochen, weil Bruch (Zähler und Nenner); rational, weil endlich viele Polynomglieder. Funktionsvariable ist die komplexe Frequenz p, die in der Literatur auch s genannt wird. Der Fundamentalsatz der Algebra besagt, dass jede Gleichung n-ten Grades genau n Lösungen ("Wurzeln") besitzt. Anstelle der Zähler- oder Nennerkoeffizienten könnte man folglich auch die Wurzeln dieser Polynome angeben. Man erhält sie, indem man das Zähler- und das Nennerpolynom (jedes für sich) null setzt, und die dadurch entstehende Gleichung nach p auflöst. Die Zählerwurzeln heißen **Nullstellen** der Übertragungsfunktion (p_0), die Nennerwurzeln **Pole** der Übertragungsfunktion (p_x). Pole und NSt zusammen bestimmen die Übertragungsfunktion eindeutig, mit Ausnahme einer multiplikativen Konstante: Die (frequenzunabhängige) Grundverstärkung wird nicht durch die Pole und NSt erfasst, sie muss zusätzlich angegeben werden.



$$Z_L = pL; \quad Z_C = 1/pC; \quad H = \frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{1 + pRC + p^2LC}$$

Abb. 15: Schaltbild und Übertragungsfunktion H eines Tiefpassfilters 2. Ordnung.

Im o.a. Beispiel ist nur der Nenner ein Polynom in p, der Zähler ist eine Konstante. Dies ist ein Sonderfall – im allgemeinen Fall sind Zähler und Nenner Polynome in p. Trotzdem hat auch die o.a. Tiefpassfunktion Nullstellen: es sind zwei, sie liegen beide bei $p = \infty$. Die Mathematik hat Gründe, an dieser Stelle nicht $p = \infty$, sondern einen Grenzübergang (limes) zu schreiben, das soll jedoch nicht in allen Facetten ausgeführt werden. Die Lösung zu diesen Nullstellen führt in diesem Fall nicht über "Zähler nullsetzen", stattdessen setzt man den gesamten Bruch zu null und löst nach p auf.

Die restlichen Seiten sind als PDF downloadbar: www.gitec-forum.de

[♣] Oder auch zweiter "Ordnung".