

Lehrdemonstrationen zur digitalen Filterung auf eingebetteten Systemen

Eduard Funkner

Martin Schwarz

2025-06-14

Inhaltsverzeichnis

Einführung

Diese Bachelorthesis dient als eine Lerndemonstration zur Implementierung von digitalen biquadratischen-Filtern auf Mikrocontrollern sowie FPGAs. Im Umfang dieser Demonstration werden digitale Biquad-Filter entworfen und auf einem ESP Lyrat V4.3 sowie einem PYNQZ2 implementiert. Die Filter werden mittels Matlab- sowie Pythontools entworfen.

IIR-Filter zweiter Ordnung

Infinite Impulse Response (IIR) Filter gehören in der Signalverarbeitung zu den grundlegenden Typen der digitalen Filter. Grundlegend zeichnen sich IIR-Filter durch ihre charakteristische Ausprägung aus, bei der Berechnung des aktuellen Ausgangssignals durch die Verwendung des gegenwärtigen und vergangenen Eingabewertes als auch des vorherigen Ausgabewertes. Aufgrund dieser Rückkopplung kann es dazu führen, dass die Impulsantwort von IIR-Filtern theoretisch unendlich lang andauern kann, was sie grundsätzlich von Finite Impulse Response (FIR) Filtern unterscheidet.

Ein immenser Vorteil von IIR-Filtern liegt in der hohen Effizienz bei der Realisierung scharfter Frequenzgänge mit relativ wenigen Koeffizienten, während FIR-Filter für vergleichbare Filtereigenschaften oft hunderte von Koeffizienten benötigen, können IIR-Filter ähnliche Ergebnisse mit deutlich geringerem Rechenaufwand erreichen. Aufgrund dieser Eigenschaft eignen sich IIR-Filter besonders gut im Einsatz von Systemen mit beschränkten Ressourcen oder in Echtzeitverarbeitung.

Biquadratische Filter, kurz als “Biquad” bezeichnet, sind eine spezielle Unterklasse von IIR-Filtern zweiter Ordnung. Durch das Kaskadieren solcher Biquad-Sektionen besteht die Möglichkeit komplexe IIR-Filter höherer Ordnung auf einfache Weise zu realisieren. Das Kaskadieren dieser Sektionen bringt Vorteile in Bezug auf numerische Stabilität, Flexibilität bei der Parameteranpassung und Modularität des Designs.