

### Digitale Delay-Line als Prüfstation für hochpräzises (10 ps) $\Delta$ TOF-Ultraschall-Durchflussmesssystem

In dieser Bachelorarbeit wurde eine digitale Verzögerungseinheit (Digital Delay-Line) (DDL) entwickelt, welche die Messstrecke eines Ultraschallsensorsystems für Durchflussmessungen emuliert. Diese DDL erzeugt eine Messstrecke, für welche die Kanalverzögerung abhängig von der Messrichtung ist.

Eine Laufzeitdifferenz zwischen den beiden Messrichtungen soll vorgegeben werden können und mit einem entsprechenden Algorithmus gemessen werden. Mithilfe dieses Produktes sollen Algorithmen zur Bestimmung von  $\Delta$ Time-of-Flight ( $\Delta$ TOF) überprüft und kalibriert werden können. Die Laufzeitdifferenz sollte in einem möglichst grossen Bereich (wenige ps bis zu 1  $\mu$ s) in einer möglichst kleinen Abstufung (ps) gewählt werden können.

Die Laufzeitdifferenz wird aus einer Kombination von "First In First Out" (FIFO)-Buffer und einem Fractional Delay Filter (FDF) erreicht. Die Umsetzung dieser DDL wird auf Basis einer Entwicklungsplattform mit analogem Frontend (AFE) aufgebaut und die Parametrierung wird über einen Host gewährleistet.

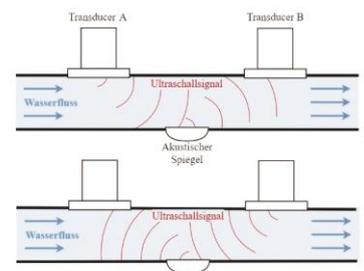
Die Umsetzung der DDL in dieser Arbeit ermöglicht Laufzeitdifferenzen in einem Bereich von  $\pm 600 \mu$ s vorzugeben, und erreicht eine Messunsicherheit von wenigen zehn Picosekunden.

Die in diesem Rahmen entwickelte Hardware beinhaltet als zentrales Element eine Xilinx Zynq-7000 System on Chip (SoC) Entwicklungsplattform, welche für die Implementation eines fractional Delay Finite Impulse Response (FIR)-Filters verwendet wird. Die Berechnung der Filterkoeffizienten basiert auf der Methode der windowed Sinc-FDF.

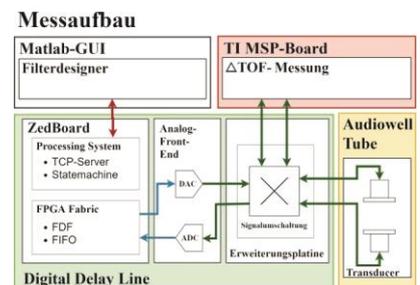


Diplomand  
Sandro Rippstein

Dozent  
Sigisbert Wyrsch



Das Prinzip des  $\Delta$ TOF-Verfahren basiert auf dem Messen der Ausbreitungsgeschwindigkeiten eines Ultraschallsignales in einem Medium. Besteht ein Fluss in einem Rohr, wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schall abhängig von der Messrichtung sein.



Wird die DDL (in grün dargestellt) mit dem GUI konfiguriert und ein Sensorsystem (in gelb dargestellt) angeschlossen, kann ein  $\Delta$ TOF-Messgerät (in rot dargestellt) angeschlossen und kalibriert werden.