

Detektion und zeitliche Bestimmung von Pulsen mittels AI

Entwicklung eines neuen Tensorflow Modells und dessen Implementierung mittels Vitis HLS auf dem FPGA

Studenten



Sandro Pedrett



Yanik Kuster

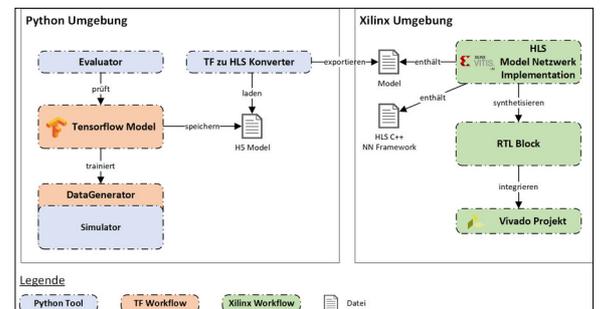
Einleitung: Für die Fluoreszenzlebensdauer-Mikroskopie (FLIM) werden emittierte Photonen gezählt, mit einem Zeitstempel im Picosekundenbereich versehen und statistisch ausgewertet. Dazu generieren Photonendetektoren analoge Spannungen mit je einem Puls pro Photon. Diese Signale werden mit vier 5 GSPS ADCs digitalisiert, welche einen Datenstrom von insgesamt 35 GB/s produzieren. Die Pulse werden aktuell mit einem Threshold Algorithmus markiert. Ein neuer AI basierender Ansatz soll mehr Pulse präziser erkennen können (Abbildung 3). Um diese Datenmenge mit einem neuronalen Netzwerk zu verarbeiten, wird das komplette Netzwerk auf einem FPGA implementiert.

Vorgehen / Technologien: Als Erstes wurde ein Photonendetektor-Simulator entwickelt, welcher Trainingsdaten generiert, da zum Startzeitpunkt der Arbeit keine realen Daten vorhanden waren. Damit konnte Tensorflow 2 das neu erarbeitete Modell (Abbildung 2) trainieren und validieren. Dieses Modell wurde in einem zweiten Schritt mithilfe von Xilinx Vitis-AI von float32 auf int8 quantisiert, um die vorhandenen FPGA Ressourcen besser nutzen zu können. Der round-trip von Training bis zur Hardware-Implementation soll so kurz wie möglich gehalten werden, daher kann das quantisierte H5 Model mit einem selbst implementierten Konverter in C++ für Vitis HLS umgewandelt werden. Damit wird anschließend ein RTL Block generiert und in das bestehende Vivado Projekt integriert (Abbildung 1).

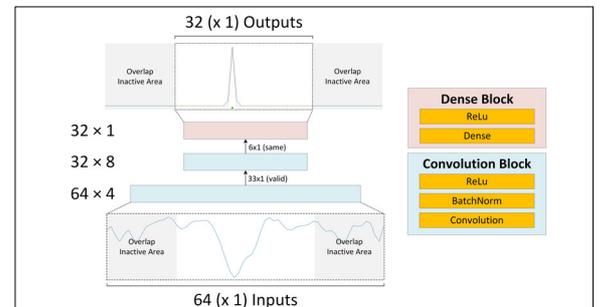
Ergebnis: Das Modell ist in der Lage, etwa 7% mehr korrekte Pulse als der bestehende Threshold Algorithmus zu erkennen. Gleichzeitig konnte die Fehlerquote um 60% und die Standardabweichung des Zeitfehlers von 118 ps auf 52 ps reduziert

werden. Wie in Abbildung 3 dargestellt, kann der neue AI-Ansatz nahe beieinander liegende Pulse besser erkennen als der bestehende Threshold Algorithmus. Dadurch kann die Photonenerate während der FLIM-Messung erhöht werden, was insgesamt die Qualität der Messungen verbessert.

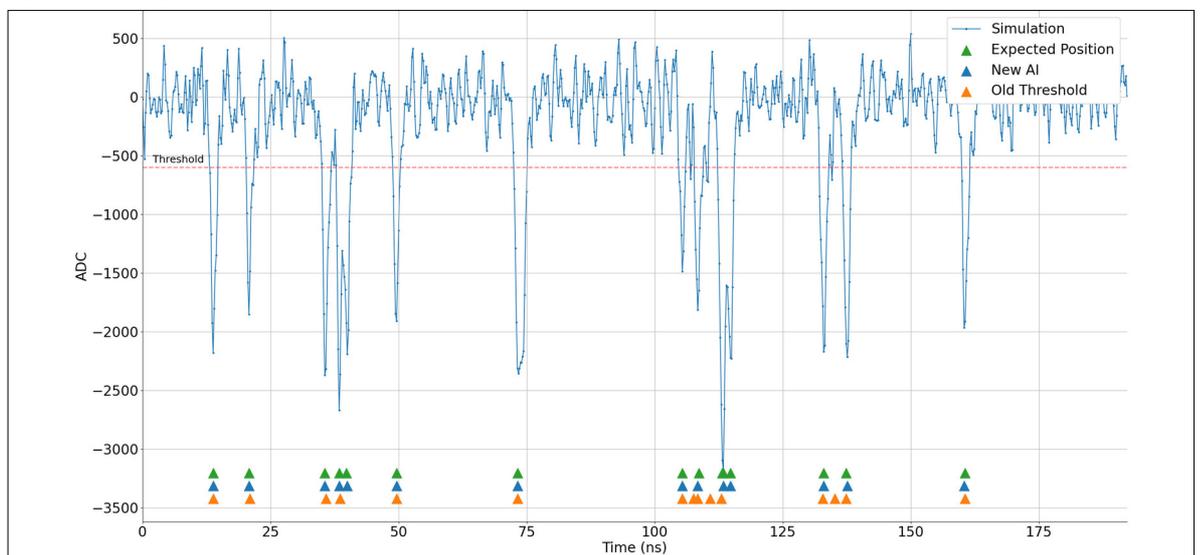
Das mit Tensorflow trainierte Modell wird in Vitis HLS exportiert und anschliessend mit Vivado fürs FPGA synthetisiert. Eigene Darstellung



Von uns entwickelte Modell-Architektur mit einem Puls (Photon) als Eingang und entsprechendem Zeitstempel als Ausgang. Eigene Darstellung



Unser AI-Ansatz vs. alter Threshold mit falsch detektierten Pulsen bei 107ns, 111ns und fehlenden bei 40ns und 114ns. Eigene Darstellung



Referenten
Prof. Dr. Paul Zbinden,
Dorian Amiet

Themengebiet
Mikroelektronik,
Artificial Intelligence

Projektpartner
IMES Institute for
Microelectronics and
Embedded Systems,
OST, Rapperswil, SG

