

Entwicklung einer FPGA-basierten Datenerfassungskarte für einen Neutronen- Detektor

Um den inneren Aufbau eines Materials analysieren zu können, werden am Paul Scherrer Institut (PSI) Neutronen-Streuexperimente durchgeführt. Bisher wurden diese Streuexperimente mit Helium-3 Gasdetektoren realisiert. Die jüngsten Entwicklungen im Bereich der Silizium-Photomultiplier (SiPM) erlauben nun, Neutronen mit sogenannten Szintillatoren zu detektieren. Während dieser Bachelorarbeit wurde ein FPGA-basiertes System für die Neutronendetektion mittels Szintillatoren implementiert. Die Eingangssignale für das System werden von einem 16-kanaligen Neutronendetektionsmodul des PSI generiert. Im neuen Detektionsverfahren wird die Eigenschaft von Szintillatoren ausgenutzt, energetische Teilchen in Photonen zu transformieren, welche durch einen Lichtwellenleiter auf SiPM geführt werden. Die Kombination von Szintillatoren und SiPM reagiert auf ein Neutronen-Ereignis mit einer schnellen, abklingenden Pulsfolge. In dieser Arbeit wurde auf zwei Teilbereiche fokussiert: Die Detektion der Pulsfolgen im FPGA und die Entwicklung einer Kommunikationskarte zum Host-System.

Um die zeitliche Struktur der Pulsfolge abbilden zu können, werden im FPGA die digitalisierten Pulse in periodischen Zeitabständen gezählt und abgespeichert. Aufgrund von Nichtlinearitäten der SiPM (Darkcounts, Afterpulsing und Crosstalks) ist die digitalisierte Pulsfolge nicht direkt interpretierbar. Darum wird der Zeitpunkt des Ereignisses über eine Filterung und anschließende Maximafindung bestimmt. Das Einlesen und Analysieren der Pulsfolge wird deterministisch durchgeführt, um Fehler in der Zeitmessung zu vermeiden. Im FPGA wurde ein Controller-Block implementiert, welcher über SPI ansprechbar ist. Dieser Controller ermöglicht es, zu Laufzeit die Parameter des Detektions- und Analyseverfahrens zu konfigurieren.

Für die Verbindung zum Host-System wurde eine universell einsetzbare Kommunikationskarte mit einem Spartan 6 FPGA mit Gigabit-Transceivern entwickelt. Auf der Frontseite dieser Karte können vier optische Gigabit-Links und vier Standard-IOs betrieben werden. Die Rückseite des Boards wurde modular für verschiedene Projekte aufgebaut. Durch Bestückungsvarianten können für das Hosts-System vier zusätzliche Gigabit-Links, 48 differenzielle Paare und der System-Management-Bus betrieben werden.

Als Resultat konnte in der Arbeit verifiziert werden, dass Neutronenereignisse mit der neuen Methode mit Szintillatoren detektiert werden können.

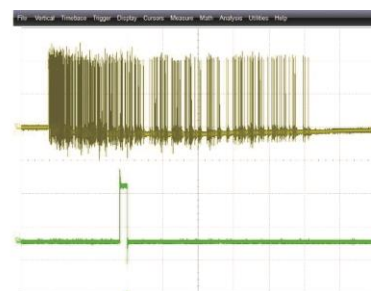


Diplomand
Alexey Gromov

Dozent
Matthias Rosenthal



Das neue Neutronen-Detektionsmodul



Detektion eines Neutrons