



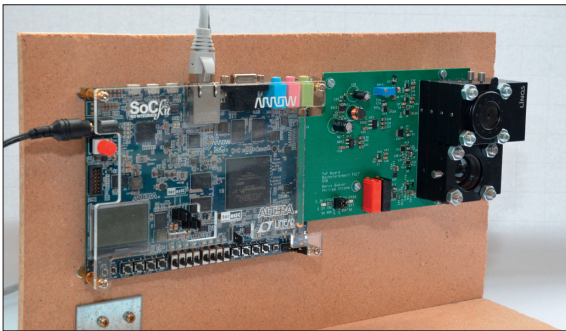
Marco Gubser



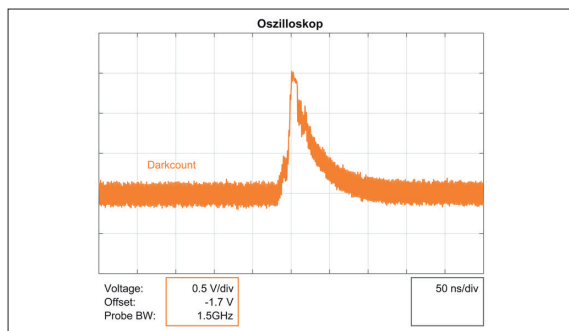
Philipp Strahm

Diplomanden	Marco Gubser, Philipp Strahm
Examinator	Prof. Guido Keel
Experte	Arthur Schwilch, Bruker BioSpin AG, Fällanden, ZH
Themengebiet	Sensorik

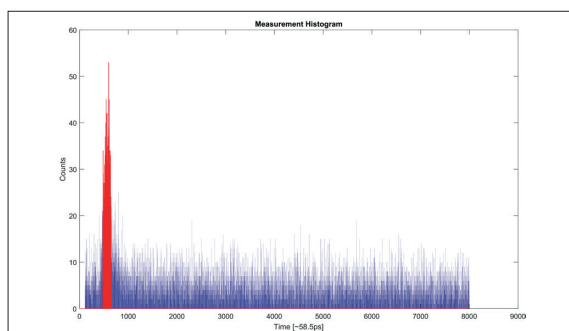
Time-of-Flight Distanzmessung mit Silizium-Photomultiplier



Aufgebautes ToF-System



Darkcount des SiPM gemessen am Ausgang der zweiten Verstärkerstufe



Histogramm der Messwerte; rot eingezeichnet die Messwerte, die dem Laserpuls zugeordnet werden

Aufgabenstellung: Es gibt mehrere Methoden, um Distanzen optisch zu messen. Neben Triangulation und Stereoaufnahmen ist die Laufzeitmessung eine Methode, die häufig für den Bereich ab einigen Metern eingesetzt wird. Durch die immer schnelleren elektronischen Schaltungen und Elemente ist es dabei in den letzten Jahren möglich geworden, auch kurze Distanzen mit Auflösungen im Millimeterbereich über die Laufzeit (Time-of-Flight, ToF) eines Lichtpulses zu messen. In dieser Arbeit soll ein komplettes ToF-System bestehend aus Pulslichtquelle, Detektor, Zeitmessung und Auswertung aufgebaut werden. Als Empfänger sollen dabei Avalanche-Photodioden (APD) und/oder ein Silizium-Photomultiplier (SiPM) – ein Array aus Avalanche-Photodioden – genutzt werden.

Vorgehen: Um einen geeigneten Sensor für den Empfänger zu finden, wurde zuerst eine Marktstudie durchgeführt. Aufgrund dieser wurden drei geeignete SiPM-Sensoren (selber Sensor, jedoch unterschiedliche Grössen) ausgewählt und eingekauft. Anschliessend wurde ein PCB entwickelt. Die Schaltung enthält eine Pulslichtquelle mit einem VCSEL zur Erzeugung von Laserpulsen mit einer Länge von wenigen Nanosekunden und eine Empfängerschaltung zur Auswertung der SiPM-Signale. Ein optischer Bandpassfilter und eine Blende sorgen für eine starke Fremdlichtabschirmung. Eine Linse vor dem VCSEL sorgt für die Laserstrahlbündelung. Angesteuert wird die Schaltung mit Matlab über ein FPGA. Dieses ist für die Pulserzeugung und für das automatische Ausführen von Messungen zuständig. Für eine Distanzmessung werden mehrere 10000 Messungen durchgeführt und in einem Histogramm dargestellt. Aus dem Histogramm kann anschliessend zuverlässig die Distanz ermittelt werden.

Fazit: Es ist uns gelungen, ein funktionierendes ToF-System aufzubauen. Die Pulslichtquelle ist in der Lage, Laserpulse mit einer minimalen Breite von 2 ns auszusenden. Diese Pulse können von unserem Empfänger verstärkt, detektiert und ausgewertet werden. Über das Matlab-GUI werden die gemessene Distanz, ein zeitlicher Verlauf der Distanz und das Histogramm dargestellt. In unserem System hat sich der kleinste Sensor bewährt, da der Einfluss von Fremdlicht minimal ist. Durch optische Anpassungen (schmalbandigerer Filter) wäre jedoch mit einem grösseren Sensor ein besseres Ergebnis erzielbar. Durch Optimierungen an Sender, Empfänger und an der Auswertungssoftware könnte die Genauigkeit zudem erhöht werden. Das Ziel, ein funktionierendes ToF-System aufzubauen, wurde jedoch vollständig erreicht.