

Kurzfassung Referat für NI Days

Schnelle Signalverarbeitung für parallele Sensoren mit LabView FPGA

Ausgangslage

Die Firma Tecan stellt Liquidhandling Systeme für Medizinlabors her. Die Aufgabe dieser Pipettierautomaten ist es, Flüssigkeitsproben aufzunehmen, abzugeben, zu transportieren und zu durchmischen. Die vier oder acht Pipetten bewegen sich auf linearen X-Y-Z Achsen und werden senkrecht in die Flüssigkeitsproben abgesenkt. Dabei ist es von grosser Wichtigkeit, dass jede Pipette einzeln gestoppt werden kann, wenn sie die Flüssigkeitsoberfläche berührt. Ein zu tiefes Eintauchen in die Flüssigkeit würde dazu führen, dass beim wieder Hochfahren Tropfen an den Pipetten haftenbleiben und in die nächste Flüssigkeitsproben verschleppt werden. Im schlimmsten Fall könnten dadurch Krankheitserreger einer Blutprobe in die Blutprobe eines anderen Patienten gelangen und eine Fehldiagnose verursachen.

Projektbeschreibung

An der Hochschule für Technik Rapperswil wurde ein Sensor entwickelt, der den Flüssigkeitskontakt jeder einzelnen Pipette detektiert und ein eintauchen der Pipette verhindert.

An die Signalverarbeitung werden hohe Anforderungen gestellt:

- Um die Prozessgeschwindigkeit hoch zu halten, werden die Pipetten mit grosser Geschwindigkeit abgesenkt. Entsprechend schnell muss der Sensor reagieren, was eine hohe Samplingrate voraussetzt.
- Die kleinen Signale in stark verrauschter Umgebung setzen eine gute Detektion der Nutzsignale im Rauschspektrum voraus.
- Das Erkennen von sehr kleinen Änderungen in den Signalen macht eine hohe Auflösung nötig, was mit einer hohen Datenrate verbunden ist.
- Die Signalverarbeitung muss mit wenig Kostenaufwand für bis zu acht Kanälen auf einer Platine aufgebaut werden können. Die Kanäle müssen true parallel gesampelt werden. Das Sampling mit einem Multiplex ADC ist nicht zulässig.
- Kein Sample darf verloren gehen.



Acht Pipetten berühren unterschiedliche Flüssigkeitslevels

Hardware

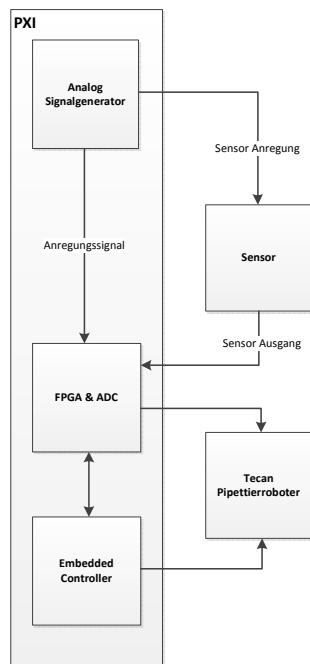
Für eine schnelle, parallele und digitale Signalverarbeitung fiel der Entscheid auf eine Lösung mit FPGA. Das FPGA bringt den entscheidenden Vorteil, dass es alle Kanäle echt-parallel verarbeiten kann. Ein normaler Mikrocontroller müsste die Kanäle sequentiell abarbeiten und hätte die geforderte Reaktionszeit nicht erreicht. Da im Entwicklungslabor der HSR der

Pipettierroboter bereits mit LabView angesteuert wurde, erweckte LabView FPGA die Aufmerksamkeit des Entwicklungsteams. Daraufhin wurde ein PXI System mit FPGA Karte angeschafft.

Indem die Roboterbewegungen sowie der LLD Sensor mit Lab View programmiert werden, können mit kleinem Aufwand umfangreiche Gesamtsystemsteuerungen realisiert werden. Roboterbewegungen und Messungen können aufeinander Abgestimmt durchgeführt werden und umfangreiche Testserien laufen vollständig automatisiert ab.

Die PXI Komponenten:

- Rack NI PXIe-1062Q
- Embedded Controller NI PXIe-8133 (kein Realtime)
- Funktionsgenerator NI PXI-5402
- FPGA analog/digital I/O Karte NI PXI-7852-R



Systemübersicht

Signalverarbeitung

Der Sensor setzt voraus, dass das Anregungssignal des Sensors im FPGA zur Verfügung steht. Dieses wird deshalb über die PXI Backplane vom Signalgenerator direkt an das FPGA übergeben.

Um ein schnelles Stoppen der Pipetten zu garantieren, muss nach jedem aufgenommenen Sample des ADC's entschieden werden, ob Flüssigkeit berührt wird oder nicht. Dazu müssen zwischen zwei Samples folgende Schritte durchgeführt werden:

- Gleitender Mittelwert erstellen
- Differenzierung
- Komparator
- Sensorinformationen an den Roboter senden

Dauert dieser Prozess zu lange, gehen Samples verloren und die Anforderungen sind nicht erfüllt.

Resultat

Dank der FPGA Lösung können diese vier Schritte für jeden Kanal einzeln zwischen zwei Samples ausgeführt werden. Die geforderte Sensor Reaktionszeit wird erreicht.

Der Embedded Controller des PXI übernimmt die Aufgabe der Gesamtsystemsteuerung. Er synchronisiert Messungen und Roboterbewegungen. Ausserdem erledigt er alle zeitunkritischen Berechnungen. So wird das FPGA entlastet und seine ganze Rechenleistung steht für die Signalverarbeitung zur Verfügung. Dass das FPGA in LabView programmiert werden konnte, ersparte dem Entwicklungsteam die zeitaufwändige Einarbeitung in VHDL. So mussten auch nicht mehrere verschiedene Programmierumgebungen eingesetzt werden und die Software für den ganzen Aufbau ist in einem einzigen LabView Projekt untergebracht.