

Daniel Efrem

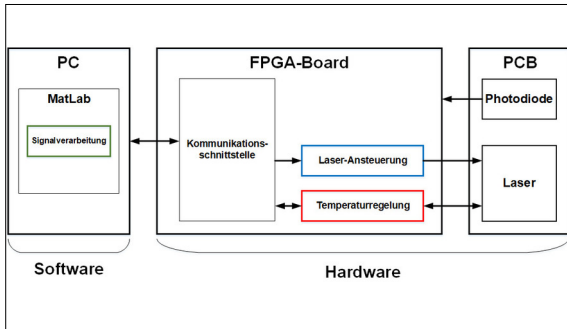


Alexandr Zvyagin

Diplomanden	Daniel Efrem, Alexandr Zvyagin
Examinator	Prof. Guido Keel
Experte	Robert Reutemann, Miromico AG, Zürich, ZH
Themengebiet	Sensorik
Projektpartner	Eco Medics AG, Dürnten, ZH

Optische Spektroskopie mittels Wellenlängenmodulation

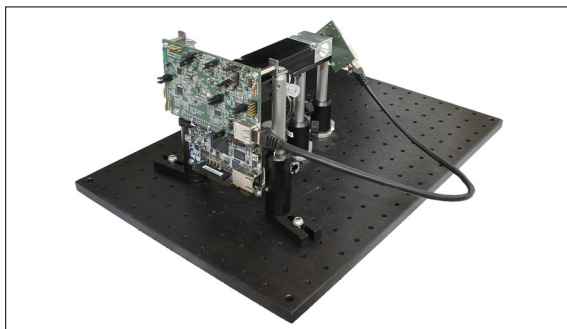
Hochpräzise Bestimmung der Sauerstoff-Konzentration



Grobes Konzept
Eigene Darstellung

Ausgangslage: Das schweizerische Unternehmen ECO MEDICS AG bietet ein innovatives Sortiment von Produkten für die Atemluft- und Lungendiagnostik an. Ihre Produkte finden unter anderem Einsatz in der Sportmedizin, Neonatologie, Tiermedizin sowie in der wissenschaftlichen Forschung. Um bei der Lungendiagnostik eine umfassende Analyse der Lungenparameter durch Messung der Atemluft durchzuführen, wird eine Kombination aus einer Ultraschall-Durchflussmessung und einer Gasanalyse benötigt. ECO MEDICS will mit einem neuen Ansatz diese Kombination in einem Produkt vereinen. Das Endprodukt in Form eines Handgerätes soll die Atemluft von Patienten analysieren. Zur Analyse von Atemluft sind unter anderem die Gase Sauerstoff und Kohlendioxid entscheidend.

Das Ziel dieser Arbeit ist, die Messung von Sauerstoff durch optische Spektroskopie zu realisieren. Dabei soll ein Laser mit der spezifischen Wellenlänge von Sauerstoff einen Luftkanal durchleuchten. Leuchtet der Laser mit der charakteristischen Wellenlänge von Sauerstoff, wird Licht absorbiert. Durch Messung des Laserlichtes nach dem Luftkanal soll analysiert werden, wie viel Sauerstoff sich darin befindet.

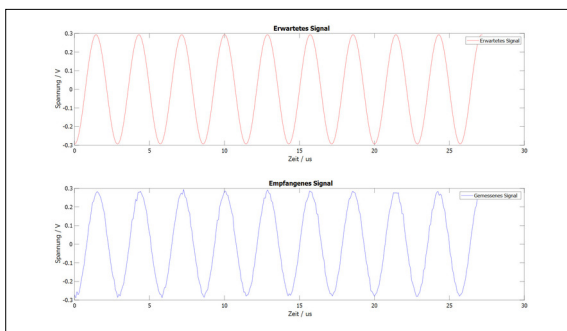


Aufbau mit PCB, FPGA-Board und Optik
Eigene Darstellung

Vorgehen: Die spezifische Wellenlänge von Gasen ist sehr schmalbandig. Den Laser genau auf eine solche Wellenlänge einzustellen, ist herausfordernd. Die Wellenlänge des Lasers lässt sich primär durch zwei Parameter variieren, die Lasertemperatur und den Laserstrom. Um die Lasertemperatur zu regeln beinhaltet der Laser einen Temperatursensor und ein Heiz/Kühl-Element. Ein digital implementierter Regler ist für die Stabilität und Genauigkeit der Temperatur zuständig.

Der Laserstrom besteht wesentlich aus drei Teilen. Mit einer Rampe lässt sich die Wellenlänge des Laserlichtes linear variieren. Zusätzlich wird die Rampe mit einem Sinussignal moduliert. Dadurch kann die Absorptionsstärke bestimmt werden. Bei erfolgter Absorption entsteht die erste Harmonische der modulierten Frequenz. Das Verhältnis beider Frequenzanteile ergibt die Stärke der Absorption und somit den Sauerstoffgehalt. Ein zusätzlicher Gleichstromanteil erreicht eine Grundleuchtstärke beim Laser.

Geeignete Algorithmen wurden für die drei Stromteile evaluiert und getestet. Nach erfolgreich durchgeführten Simulationen wurden die Algorithmen mittels der Hardware Sprache VHDL implementiert. Um das Laserlicht zu messen, wurde eine zugehörige Schaltung, bestehend aus einem lichtempfindlichen Sensor, Verstärker, Filter und Analog-Digital-Wandler, entwickelt.



Resultate
Eigene Darstellung

Ergebnis: Die verschiedenen Schaltungsteile wurden auf einer Leiterplatte implementiert und realisiert. Nach verschiedenen Optimierungen erfüllen die entwickelten Schaltungen und implementierten Algorithmen die gestellten Anforderungen. Die einzelnen Stromanteile können beliebig eingestellt werden. Die Lasertemperatur erreicht bei der Regelung eine Stabilität unter 0.1°C. Mithilfe einer grafischen Oberfläche können die verschiedenen Parameter eingestellt und das empfangene Signal der Photodiode ausgemessen und angezeigt werden. Mittels digitaler Demodulation werden die Anteile der entscheidenden Frequenzen berechnet und angezeigt.