

POLITECNICO DI MILANO
Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione
Corso di Laurea MAGISTRALE in Ingegneria Informatica



Sviluppo firmware per misuratore laser di distanza basato su FPGA

Relatore: Prof. Michele Norgia

Tesi di Laurea Magistrale di:
Leonardo Cavagnis, matricola 816646
Diego Rondelli, matricola 817108

Anno Accademico 2014-2015

Alle nostre famiglie

Sommario

Lo scopo di questo lavoro di tesi é sviluppare il firmware di un misuratore laser basato sulla tecnica di interferometria a retroiniezione per misurare la distanza assoluta di un bersaglio.

La prima parte del lavoro consiste nell'implementazione del firmware, sviluppato usando NI LabVIEW FPGA e Real-Time, e degli algoritmi necessari per la misura della distanza assoluta.

Nella seconda parte ci si é concentrati sull'ottimizzazione degli algoritmi implementati e sulla calibrazione dei parametri di funzionamento del sistema, al fine di migliorare la precisione e l'accuratezza della misura.

Abstract

The aim of this project is to develop the firmware of a laser sensor based on the self-mixing interferometer technique to measure the absolute distance from a target.

The first part of the work consists in the implementation of the firmware, developed using NI LabVIEW FPGA and Real-Time, and the algorithms required for the absolute distance measurement.

The second part is focused on the optimization of the implemented algorithms and the calibration of the working parameters of the system, in order to improve the precision and the accuracy of the measurement.

Ringraziamenti

Indice

Introduzione	1
1 Principi di Laser e Telemetria	3
2 Interferometria a retroiniezione	5
3 Architettura Hardware dello strumento	7
4 Architettura Software dello strumento	9
5 Misure effettuate e dati sperimentali	11
Conclusioni e sviluppi futuri	13
A Documentazione software	15
Bibliografia	16

Elenco delle figure

Elenco delle tabelle

Introduzione

Il lavoro di tesi qui presentato trae origine dall'esperienza svolta presso il "Laboratorio di Misure Ottiche ed Elettroniche - MOLES" del Dipartimento di Elettronica Informazione e Bioingegneria del Politecnico di Milano, nell'ambito dello studio e del progetto di un sistema di misura laser di distanza mediante tecnica interferometrica a retroiniezione. Lo strumento in questione deriva dalle conoscenze acquisite con un'attività di ricerca che si sviluppa da diversi anni [1].

Grazie alla scarsa invasività delle sorgenti laser e alla loro elevata adattabilità ai vari ambienti di lavoro, il loro utilizzo é richiesto in numerose applicazioni, che spaziano dagli ambiti biomedicali alle telecomunicazioni, fino ad arrivare alla pura sensoristica. Sebbene nel mercato ci siano diverse tipologie di misuratori di distanza ottici, sfruttati grazie alla loro capacità di misurazione senza perturbazioni o interventi meccanici, la tecnica interferometrica a retroiniezione consente caratteristiche e prestazioni differenti. É una tecnica recente che permette di effettuare una misura di distanza assoluta utilizzando solamente un laser, un fotodiodo e una lente. Il costo dei componenti é esiguo grazie alle tecnologie elettroniche analogiche e digitali moderne e alla semplicità del sistema ottico.

L'obiettivo di questa tesi é lo sviluppo di una versione dello strumento che si prefigge di raggiungere il massimo delle prestazioni ottenibili e di raffinare altri aspetti come affidabilità, qualità hardware e software. In quanto note a priori le problematiche da affrontare e le specifiche che ogni componente avrebbe dovuto soddisfare, é stato possibile svolgere il lavoro in maniera ordinata e precisa.

L'attività é stata ripartita con un altro laureando, Samuele Disegna, che si é occupato della parte elettronica e ottica dello strumento, mentre questo lavoro tratta la parte software.

Gli argomenti sviluppati sono organizzati in 5 capitoli principali.

Nel **Capitolo 1** é presente una descrizione delle caratteristiche fisiche e ottiche delle sorgenti laser. Nel **Capitolo 2** sono descritti i principi ba-

se dell'interferometria, con particolare attenzione a quella utilizzata, la retroiniezione. Nei **Capitoli 3** e **4** sono descritte l'architettura hardware e software dello strumento. Nel **Capitolo 5**, infine, sono illustrate le prove sperimentali.

Milano, Dicembre 2015

Leonardo Cavagnis

Diego Rondelli

Capitolo 1

Principi di Laser e Telemetria

Capitolo 2

Interferometria a retroiniezione

Capitolo 3

Architettura Hardware dello strumento

Capitolo 4

Architettura Software dello strumento

Capitolo 5

Misure effettuate e dati sperimentali

Conclusioni e sviluppi futuri

Appendice A

Documentazione software

Bibliografia

- [1] S. Donati, G. Giuliani, and S. Merlo. Laser diode feedback interferometer for measurement of displacements without ambiguity. *Quantum Electronics, IEEE Journal of*, 31(1):113–119, Jan 1995.