



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA - FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Dipartimento di Tecnica e Gestione dei sistemi industriali

Dottorato di Ricerca in
MECCANICA APPLICATA
XIX ciclo a.a. 2003-2004

**“PRESENTAZIONE DELL’ATTIVITÀ DI RICERCA
SVOLTA NELL’A.A. 2003-2004”**

DOTTORANDO:

ing. Nicola De Rossi

TITOLO DEL PROGETTO:

Evoluzione di un sistema robotico comandato mediante telemanipolazione e retroazionata in posizione e forza



DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto consiste nel mettere a punto un sistema robotico basato su un manipolatore antropomorfo a 6 g.d.l., controllato a distanza via rete internet, con lo scopo di utilizzarlo come operatore remoto in operazioni di telechirurgia.



ARTICOLAZIONE DEI SOTTO-PROGETTI

- Sviluppo di un controllore real-time per il manipolatore
- Realizzazione di una retroazione di forza
- Implementazione della comunicazione via rete tra manipolatore e interfaccia aptica
- Progettazione e realizzazione di un prototipo di ambiente reale non strutturato
- Test del sistema con esecuzione di intervento chirurgico su fantoccio

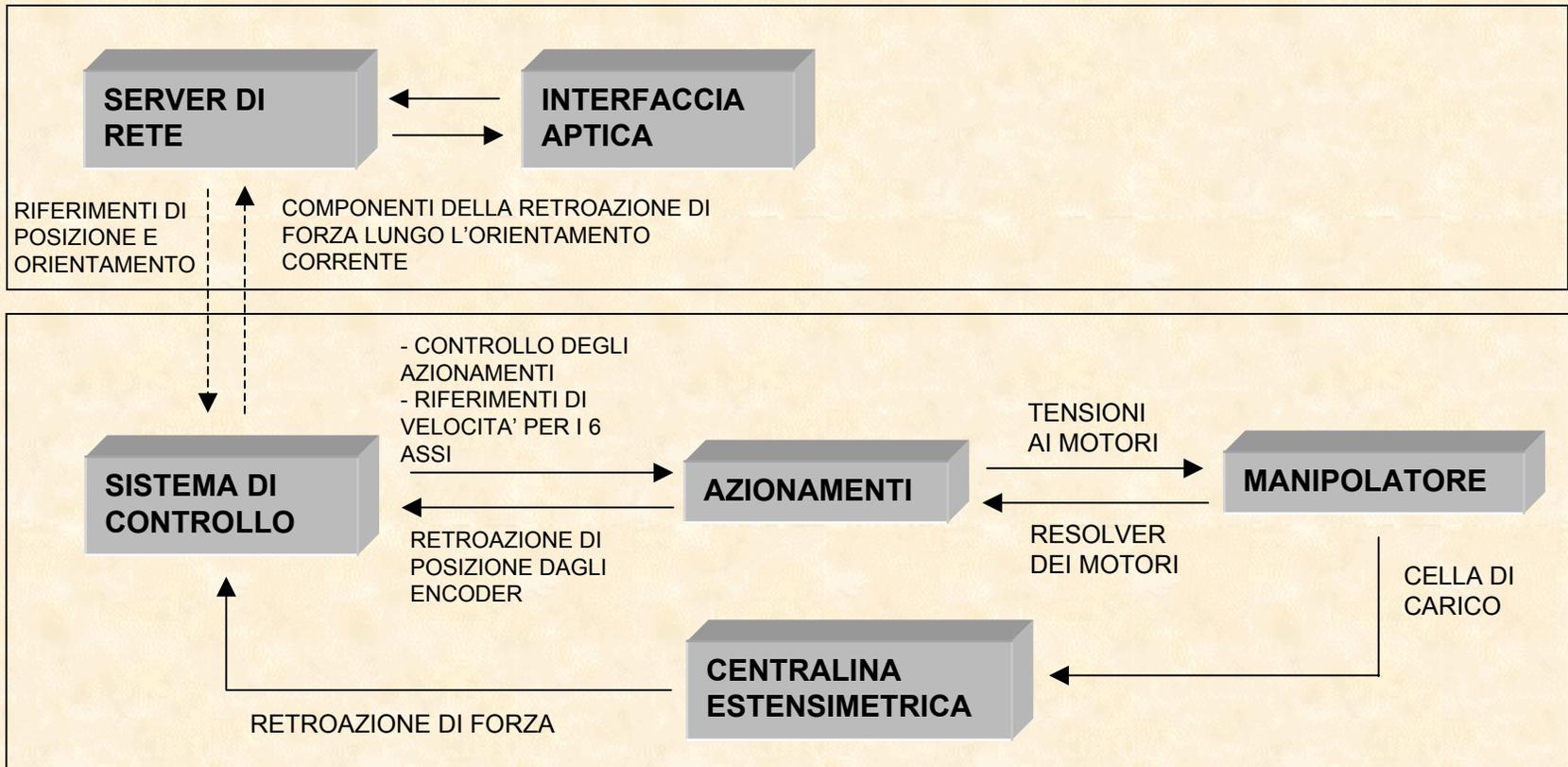


L'attività durante questo primo anno di lavoro è stata focalizzata prevalentemente sui seguenti temi:

- analisi dello stato dell'arte (bibliografia e stato attuale del set-up sperimentale)
- sviluppo del sistema di controllo del manipolatore
- progettazione e test di una retroazione di forza



SCHEMA A BLOCCHI DEL SISTEMA DI TELEMANIPOLAZIONE





RICERCA BIBLIOGRAFICA

- Lozano Rogelio, Chopra Nikhil, Spong Mark W., “Passivation of Force Reflecting Bilateral Teleoperators with Time Varying Delay” Mechatronics '02, Enschede, Netherlands, June 2003;
- L. Biagiotti, M. Gavesi, C. Melchiorri, B. Riccò, “A New Stress Sensor for Force/Torque Measurements”, Submitted to ICRA'02, IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, Washington DC, USA, May 11-15, 2002;
- Bloom Matthew B., Salzberg Arnold D., Krummel Thomas M., “Advance Technology in Surgery”, Current Problems in Surgery, Vol 39, pp 733-830, August 2002;
- P. Gallina, G. Rosati, “Manipolability of a Planar Driver Haptic Device, Mechanism and Machine Theory”, 2002;
- P. Gallina, G. Rosati, A. Rossi, “Utilizzo di interfacce aptiche nella robotica medica”, 2002;
- L. Biagiotti, C. Melchiorri, G. Vassura, “Position/Force Control of a Arm/Gripper System for Space Manipulation”, AIM'01, IEEE/ASME Int. Conf. on Advances in Mechatronics, Como, I, July 8-11, 2001;
- P. Arcara, C. Melchiorri, “Schemi di controllo per Teleoperazioni: Analisi”, ANIPLA 2001, Ancona, 22-23 nov. 2001;
- Bardorfer Ales, Munih Marko “Connecting Haptic Interface with a Robot”, 10th Mediterranean Electrotechnical Conference, Cipro, 29-31 maggio 2000;



RICERCA BIBLIOGRAFICA

- Munir Saghir, Book Wayne J., “Control Techniques and Programming Issues for Time Delayed Internet Based Teleoperation”, Journal of Dynamics Systems, Measurement and Control, Vol. 125, June 2003;
- Peterson Larry L., Davie Bruce, “Computer Networks, A System Approach”, second edition, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 2000;
- Elhajj Imad, Xi Ning, Liu Yun-hui, “Real-Time of Internet Based Teleoperation with Force Reflection”, Proceedings of the 2000 IEEE Int. conf. on robotics and Automation, San Francisco, CA, April 2000;
- Fiorini Paolo, Oboe Roberto, “A design and control environment of Internet-Based Telerobotic”, The International Journal of Robotic Research, Vol. 17, n.4 pp 433-449, April 1998;
- Brady K., Tarn T.J., “Internet-Based Remote Teleoperation”, Proceedings of the 1998 IEEE Int. Conf. On Robotics and Automation, Belgium, May 1998;
- W. Richards Stevens, “TCP/IP Illustrated, Volume I, The Protocols”, Addison-Wesley, 5th edition, June 1995.



RICERCA BIBLIOGRAFICA

- Sciavicco Lorenzo, Siciliano Bruno, “Robotica Industriale, Modellistica e controllo di manipolatori”, McGraw-Hill, Milano, settembre 2000;
- M. Giovagnoni, A. Rossi, “Una introduzione allo studio dei meccanismi”, Edizioni Cortina, Padova 1996;
- King-Sun Fu, R.F. Gonzales, C.S. George Lee, “Robotica”, Mc Graw-Hill, 1995;
- Craig John J., “Introduction to Robotics: mechanics and control”, second edition, Addison-Wesley, 1989.



STATO ATTUALE DEL SET-UP SPERIMENTALE

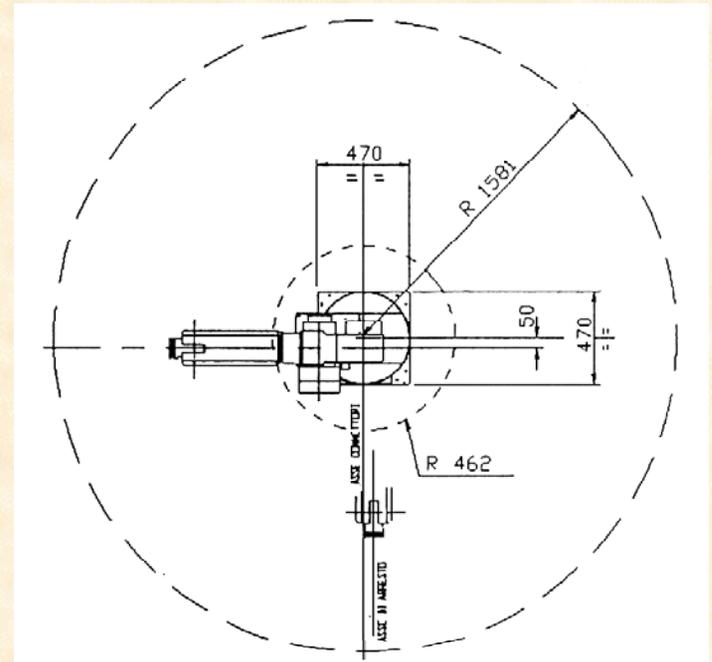
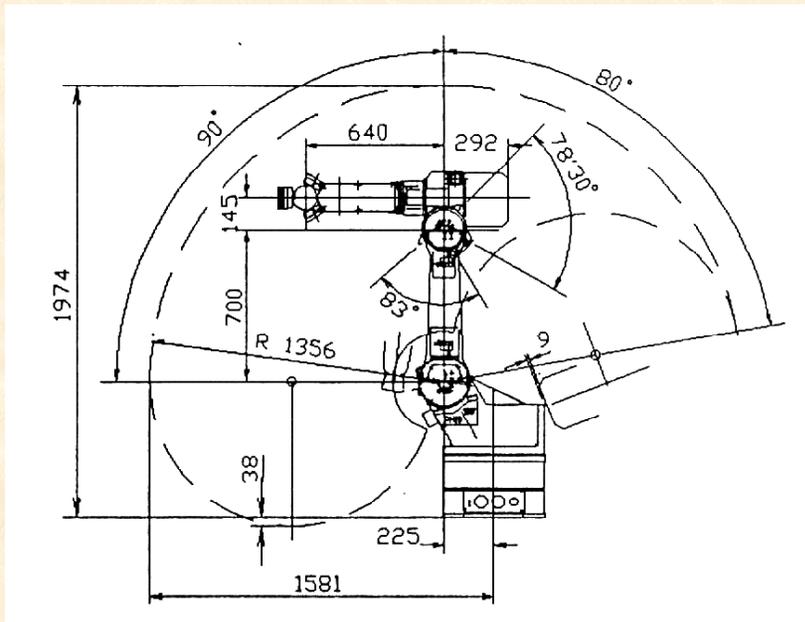
Caratteristiche meccaniche del manipolatore

- ❑ peso: 200 [kg]
- ❑ portata a velocità nominale: 10 [kg]
- ❑ ripetibilità: 0.1 [mm]
- ❑ raggio di azione dal centro del polso: 1554 [mm]
- ❑ range di movimento e velocità degli assi:

ASSE	RANGE DI MOVIMENTO [rad]	VELOCITA' [rad/s]
1 (rotazione base)	+/- 3.142	2.635
2 (movimento braccio)	+/- 1.396	2.217
3 (movimentazione avambraccio)	+/- 1.396	2.635
4 (rotazione avambraccio)	+/- 3.316	5.323
5 (brandeggio polso)	+/- 2.443	3.927
6 (rotazione polso)	+/- 3.491	6.283



DIMENSIONI PRINCIPALI E AREA DI LAVORO DEL MANIPOLATORE





ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI CONTROLLO

Al fine di mettere in grado il sistema robotico di funzionare come operatore remoto in applicazioni di telemanipolazione, il controllo numerico originale ad architettura VME, affidabile ma poco adatto alla sperimentazione, è stato sostituito con un sistema basato su un'architettura di tipo Host-Target.

PC HOST

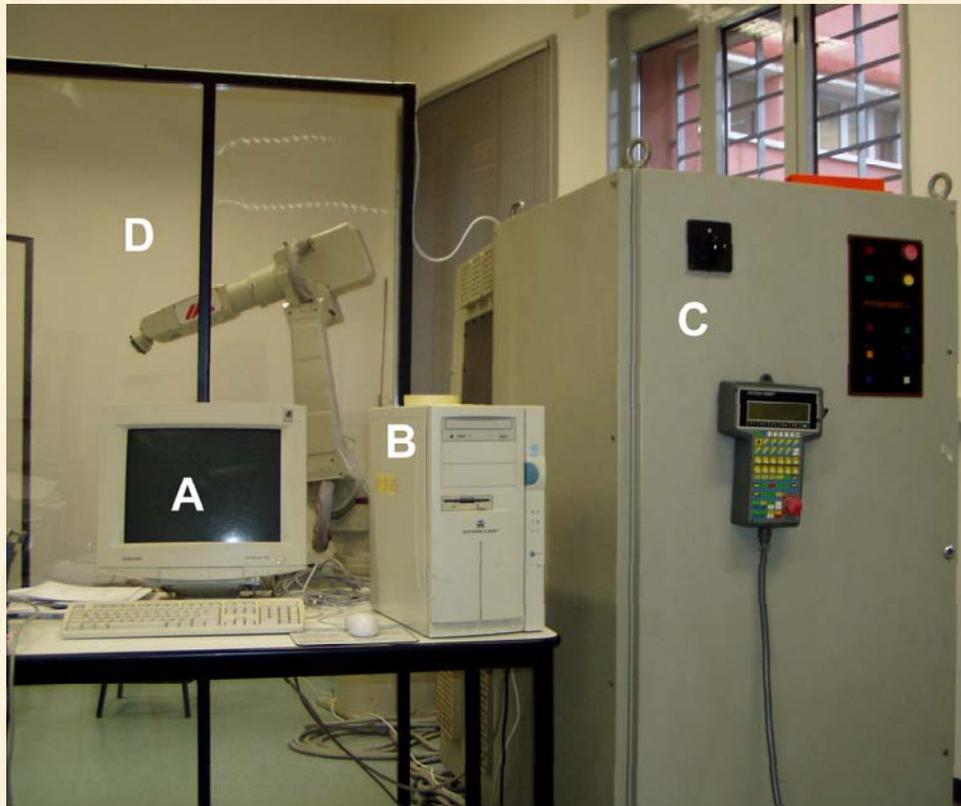
modellizzazione,
sviluppo degli
algoritmi e
supervisione del
processo

PC TARGET

sistema operativo
Real-Time, è
delegato al
calcolo degli
algoritmi elaborati
dal PC HOST



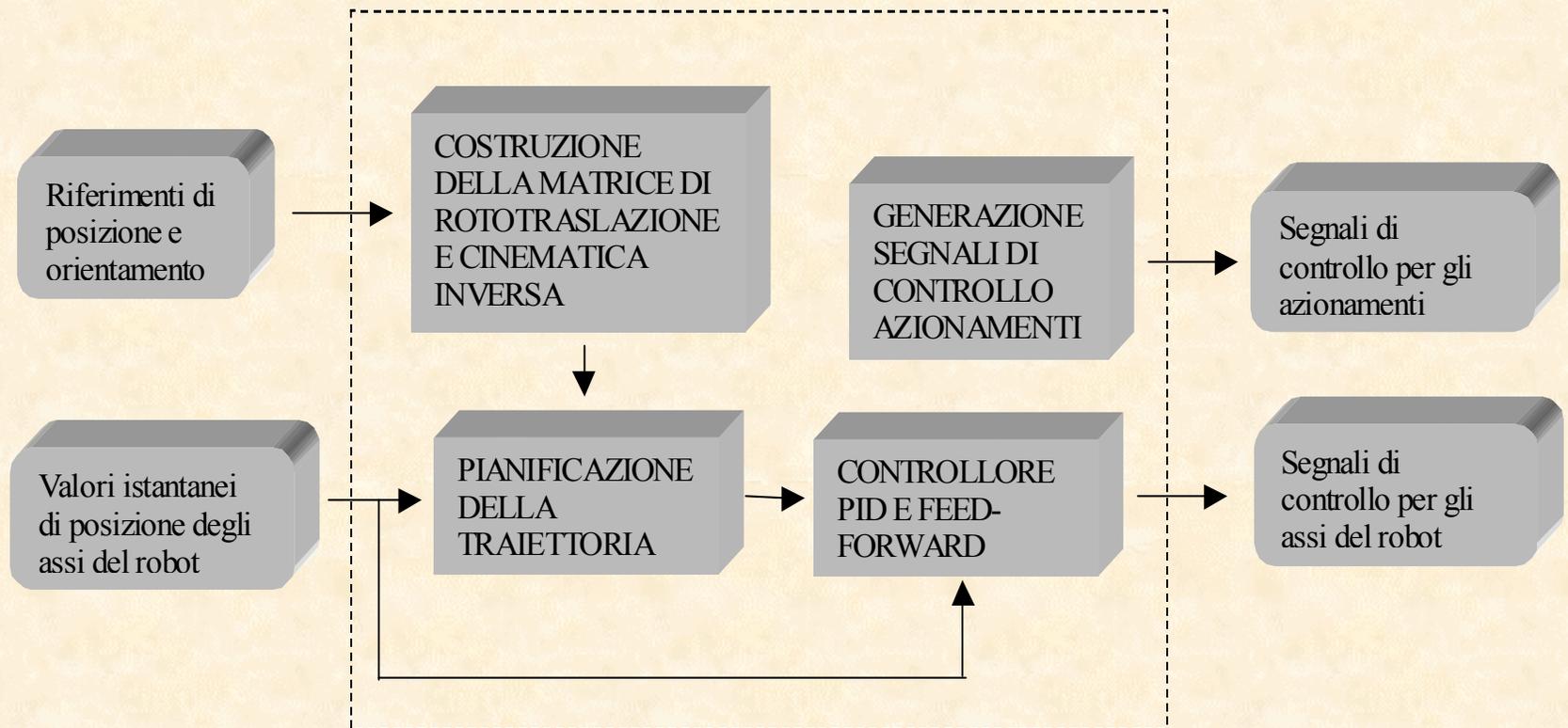
CONFIGURAZIONE ATTUALE DEL SISTEMA



A: monitor, B: PC target, C: quadro elettrico manipolatore, D: manipolatore



SVILUPPO DEL SISTEMA DI CONTROLLO

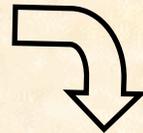




MATRICE DI ROTO-TRASLAZIONE E CINEMATICA INVERSA

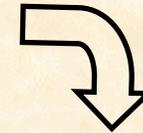
RIFERIMENTI DI POSIZIONE E
ORIENTAMENTO FORNITI
DALL'INTERFACCIA APTICA

- Valori di posizione
nello spazio
cartesiano
- Coseni direttori



COSTRUZIONE DELLA
MATRICE DI
ROTOTRASLAZIONE

- 1) Angoli di cardano
- 2) Angoli di Eulero



CINEMATICA INVERSA

- Soluzioni in
forma analitica
delle equazioni
di chiusura



PROGETTAZIONE E TEST DI UNA RETROAZIONE DI FORZA

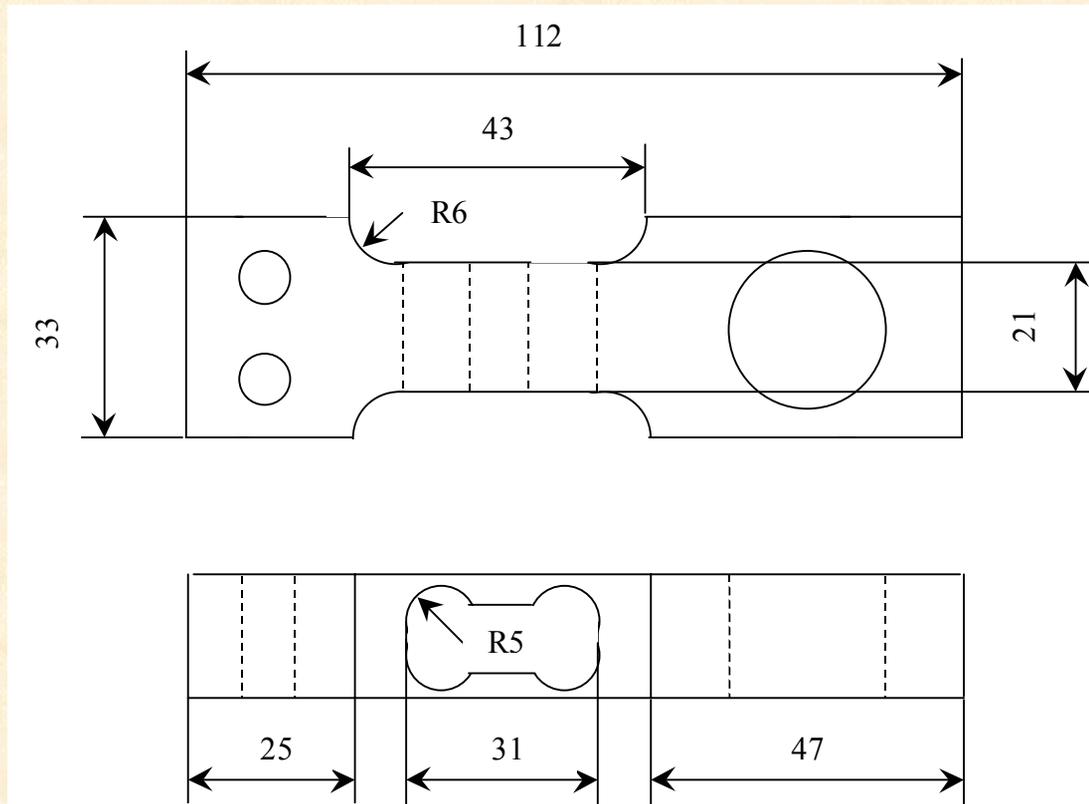
Specifiche di progetto:

- Carichi assiali fino a circa 100N in trazione e compressione
- Bassa sensibilità ai carichi trasversali e longitudinali
- Alloggiamento di un utensile cilindrico
- Staffaggio sul polso sferico del robot



STRUTTURA PORTANTE DELLA CELLA DI CARICO

(Materiale costitutivo: Alluminio)

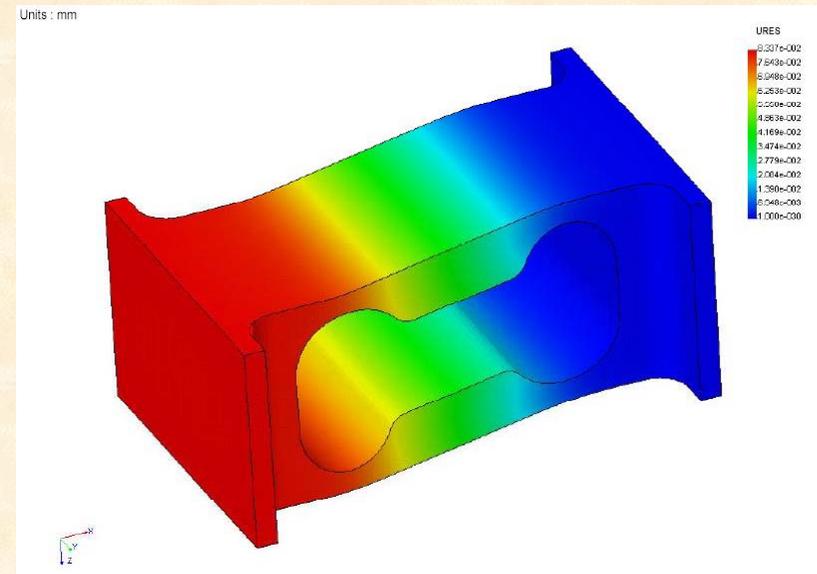
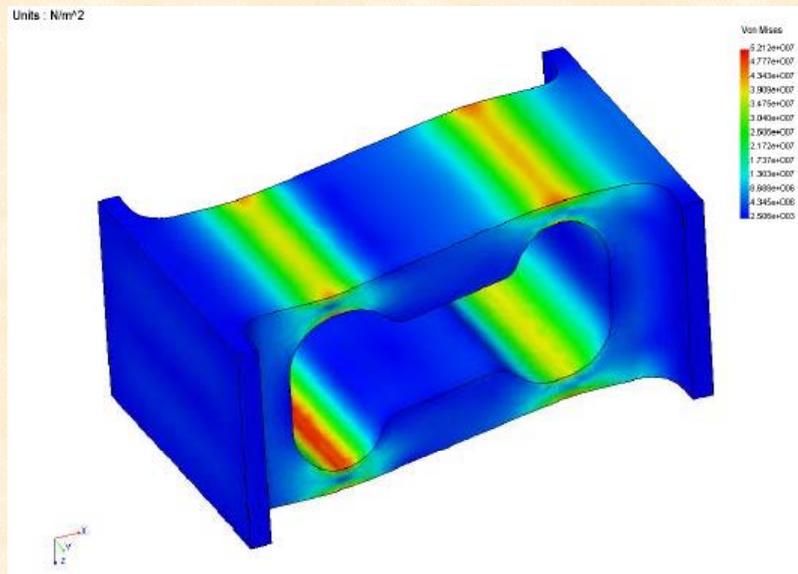




ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI DELLA STRUTTURA PORTANTE

Stato tensionale con carico max

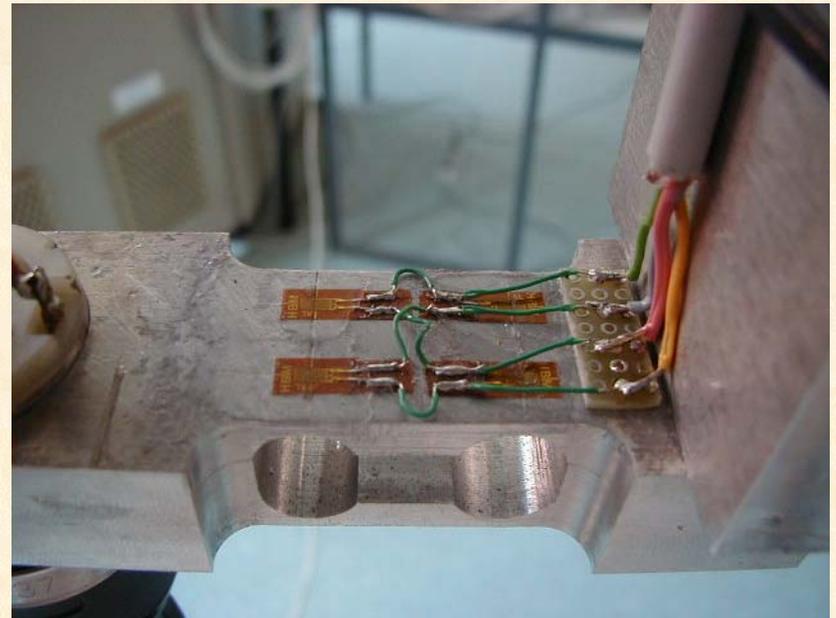
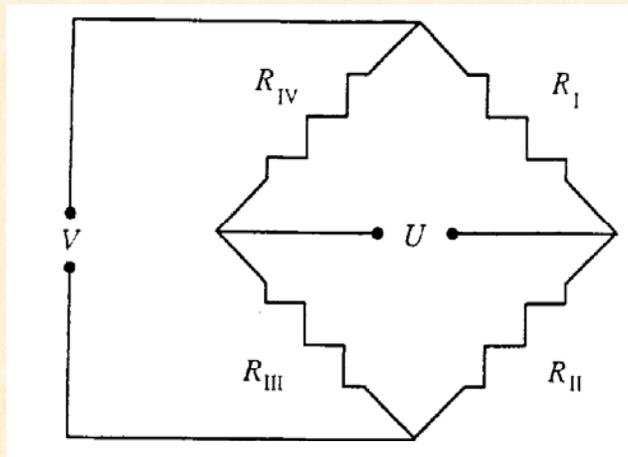
Deformazioni con carico max





REALIZZAZIONE DEL PONTE ESTENSIMETRICO

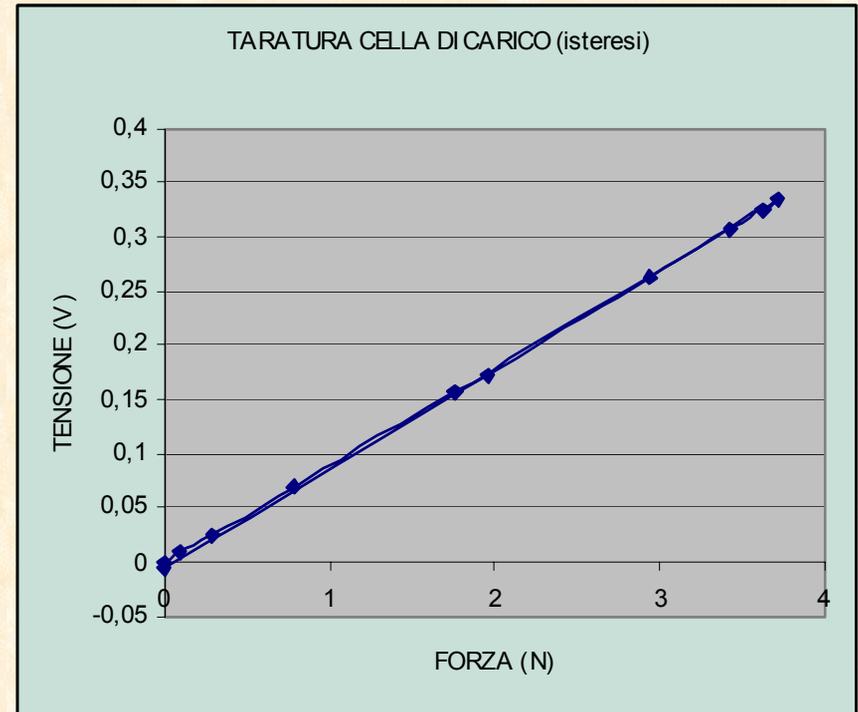
Realizzazione del ponte di Wheatstone con 4 estensimetri monoassiali





TARATURA DELLA CELLA CON MASSE NOTE CALIBRATE

FORZA (N)	TENSIONE MISURATA (V)
0,000	0,000
0,098	0,009
0,294	0,026
0,785	0,069
1,766	0,158
3,728	0,335
3,630	0,326
3,434	0,307
2,943	0,263
1,962	0,173
0,000	-0,005





CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEL SENSORE **DETERMINATE CON IL PROCESSO DI TARATURA**

- Fondo scala: +80 / -80 [N]
- Risoluzione: +/- 0.05 [N]
- Isteresi: < 1,31 [%]
- Costante di taratura: $K=10,9$ [N/V]
- Sensibilità ai carichi trasversali: < 4,24 [%]
- Sensibilità ai carichi longitudinali: < 0,45 [%]



SOTTO-PROGETTI DA SVILUPPARE O COMPLETARE

- Completamento dello sviluppo del controllore real-time (pianificazione traiettoria, PID, ecc.)
- Implementazione della comunicazione via rete tra manipolatore e interfaccia aptica
- Progettazione e realizzazione di un prototipo di ambiente reale non strutturato
- Test del sistema con esecuzione di intervento chirurgico su fantoccio