

Corso di Bioingegneria Informatica e Elettronica: Biomeccatronica

Ing. Carlo Cosentino

Laboratorio di Biomeccatronica

Università degli Studi Magna Græcia di Catanzaro, ITALY

carlo.cosentino@unicz.it

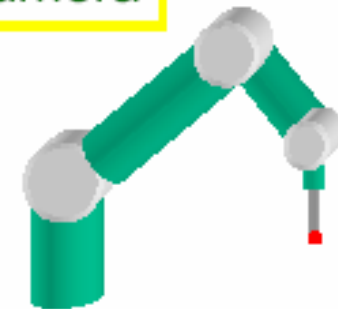
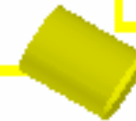
<http://wpage.unina.it/carcosen>

Controllo Master-Slave di Posizione

2. An **unactuated** device, called MASTER, is manipulated by the operator.

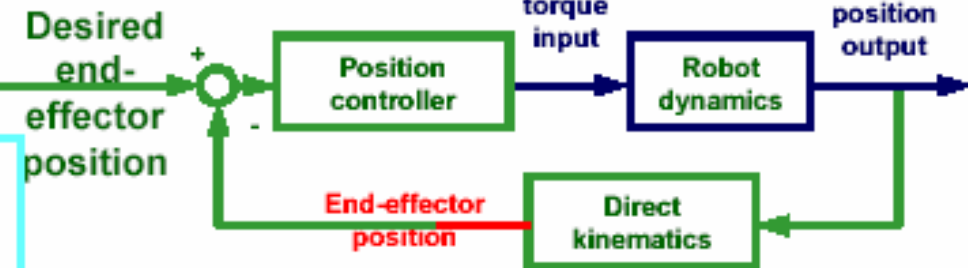


Video Camera



3. The master measures operator's movements and send it to the slave

4. The loop is closed thanks to a visual feedback of the operation scene provided to the operator.



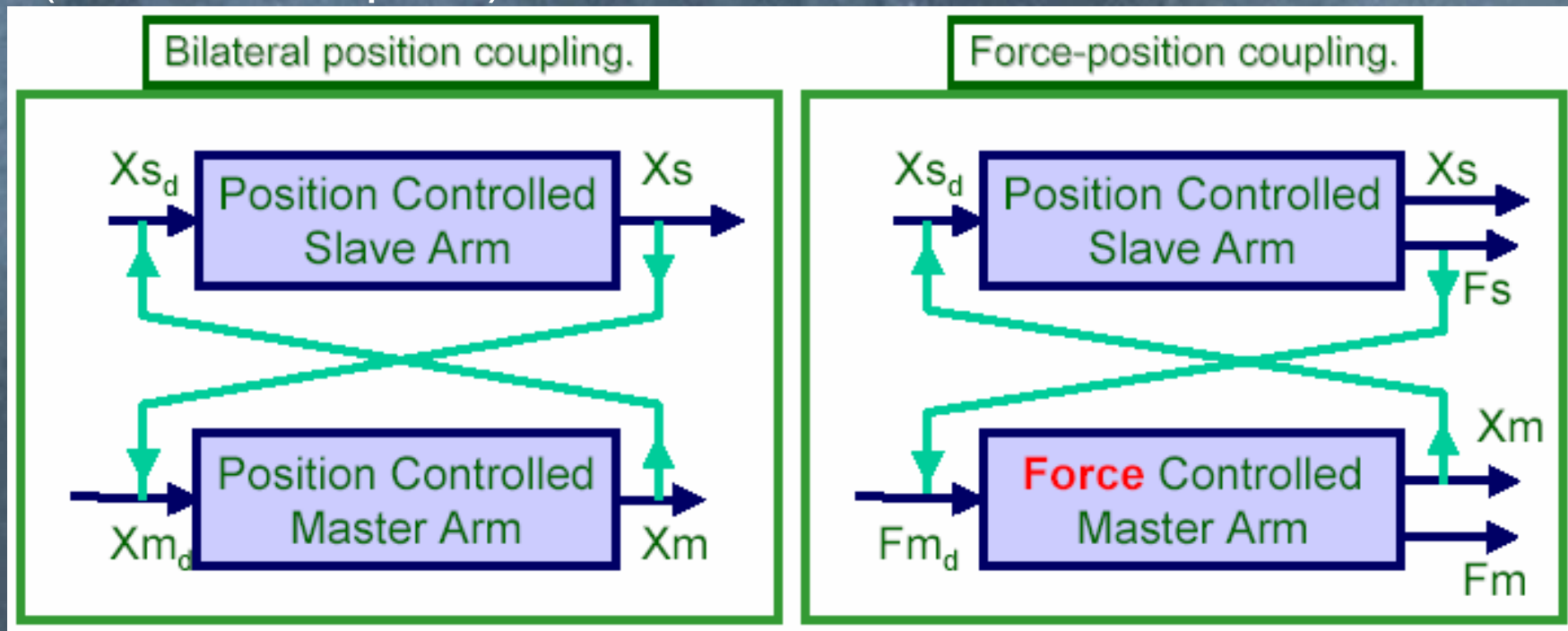
1. A position controlled robot, performing the gesture is called SLAVE

Esempio: Da Vinci



Tele-Operazione con Force Feedback

- In questa modalità anche il master ha degli attuatori che oppongono una forza variabile al movimento
- In questo modo l'operatore avverte la stessa forza che viene esercitata dall'ambiente sulla punta dello slave (interfaccia aptica)



Force Feedback Devices



Name of System / Nb DOF	Omni / 3 DOF	Phantom Desktop / 3 DOF	Phantom 1.5 / 6 DOF
Workspace : W x H x D	16 x 12 x 7 cm	16 x 12 x 12 cm	19.5 x 27 x 37.5 cm
Position resolution	> 450 dpi., ~0.055 mm	1100 dpi , 0.02 mm	860 dpi , 0.03 mm
Maximum exertable force	3.3 N	7.9 N	8.5 N
Continuous exercable force	> 0.88 N	1.7 N	1.4 N
Stiffness	~ 1.5 N / mm	3.16 N/mm	3.5 N/mm
Apparent mass at tip	<45 g	<45 g	<75 g
Computer interface	IEEE-1394 FireWire	IEEE-1394 FireWire	IEEE-1394 FireWire
Cost	~1.300 € HT	~13.000 € HT	~43.000 € HT

Esempio: tele-manipolazione



Co-manipolazione

- Lo strumento è maneggiato sia dall'operatore umano che dal robot
- Diversi paradigmi di cooperazione:
 - Condivisione dei DoF: il robot controlla il movimento solo lungo alcuni DoF
 - Condivisione di spazi operativi: in un'area *permessa* il robot non influenza il movimento, mentre proibisce l'attraversamento di *aree proibite*
 - Filtraggio del movimento: elimina alcune componenti indesiderate, e.g. tremore
 - Guida attiva: il robot applica apposite forze per guidare l'operatore lungo il percorso ottimale



Co-manipolazione

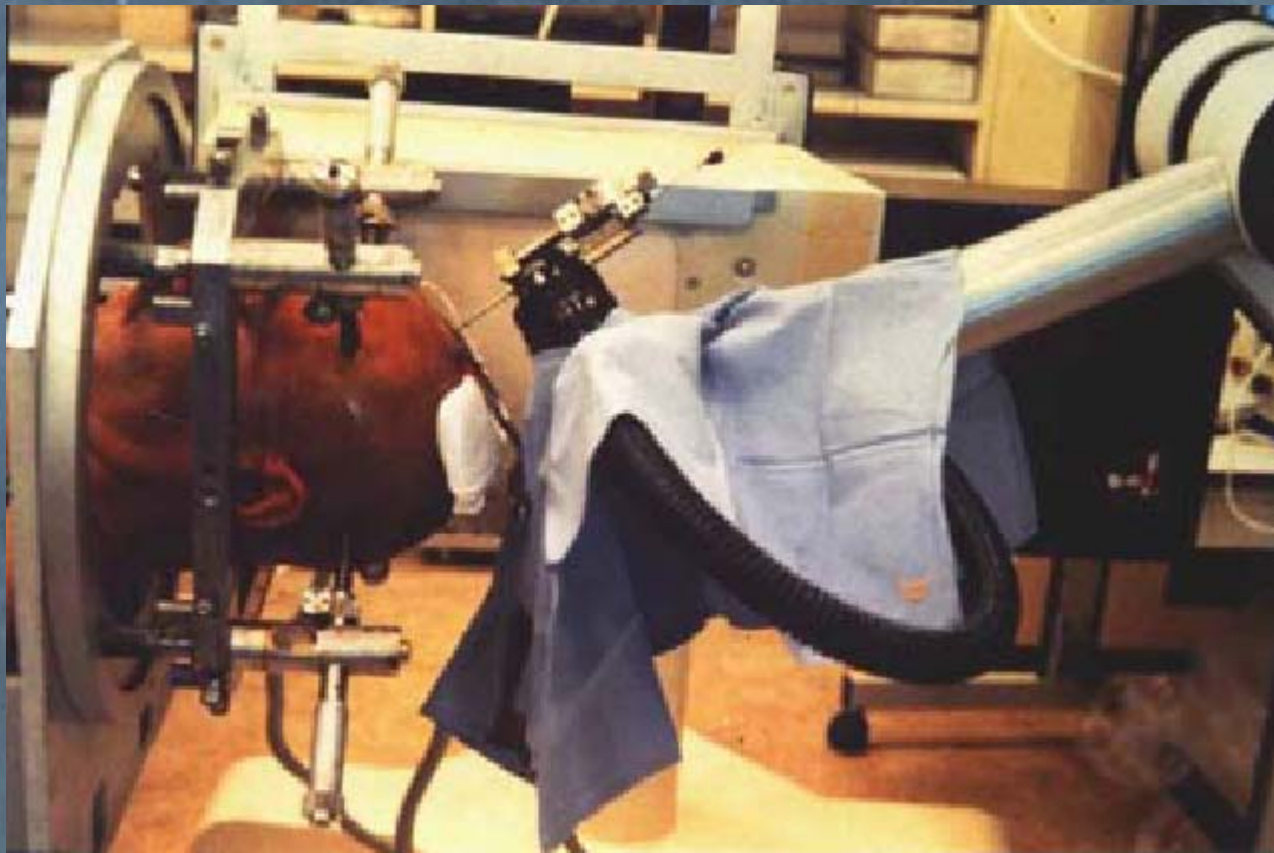
- Due principali tecniche:
 - Senza sensore di forza: il robot può esercitare delle forze resistive modificando la sua rigidità apparente
 - Rigidità a livelli discreti (molto hard o molto soft)
 - Rigidità variabile con continuità
 - Con sensore di forza: è possibile regolare direttamente la forza di interazione tra robot e strumento
 - Esempio: un robot controllato in forza, con un segnale di riferimento nullo, è detto in modalità trasparente (può essere utilizzato, ad es., per compensare l'effetto della gravità)

Esempio di Controllo di Forza a Zero



Co-manipolazione senza Sensore di Forza

- Condivisione dei gradi di libertà: al paziente viene lasciato un solo grado di libertà, quello relativo all'inserimento dell'ago



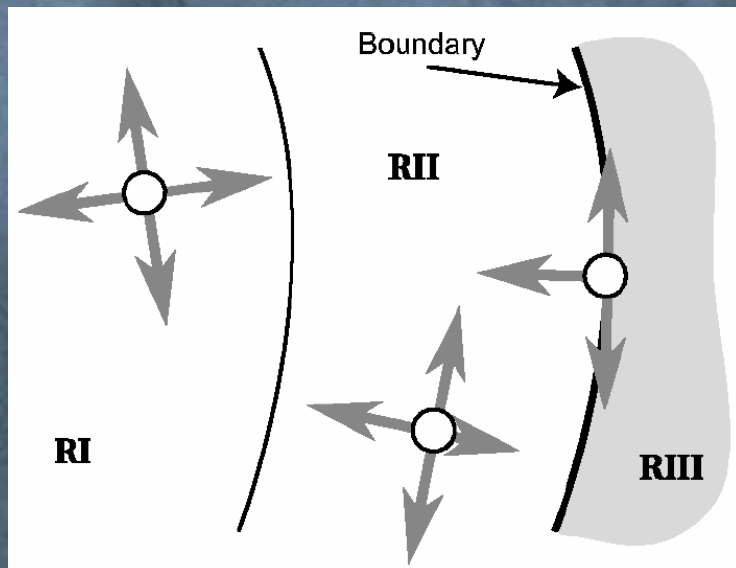
Co-manipolazione senza Sensore di Forza

- Strumento per chirurgia maxillo-facciale
- Lo strumento offre una rigidità variabile a seconda dell'area in cui si muove la punta: la resistenza è bassa nelle aree da rimuovere, alta in quelle da preservare



Co-manipolazione con Feedback Attivo di Forza

- Acrobot: chirurgia del ginocchio
- Il robot guida il chirurgo lungo la traiettoria pianificata nel pre-operatorio
- Il controllo attivo si basa sull'incremento della rigidità in man mano che ci si avvicina al limite predefinito



Co-manipolazione con Feedback Attivo di Forza

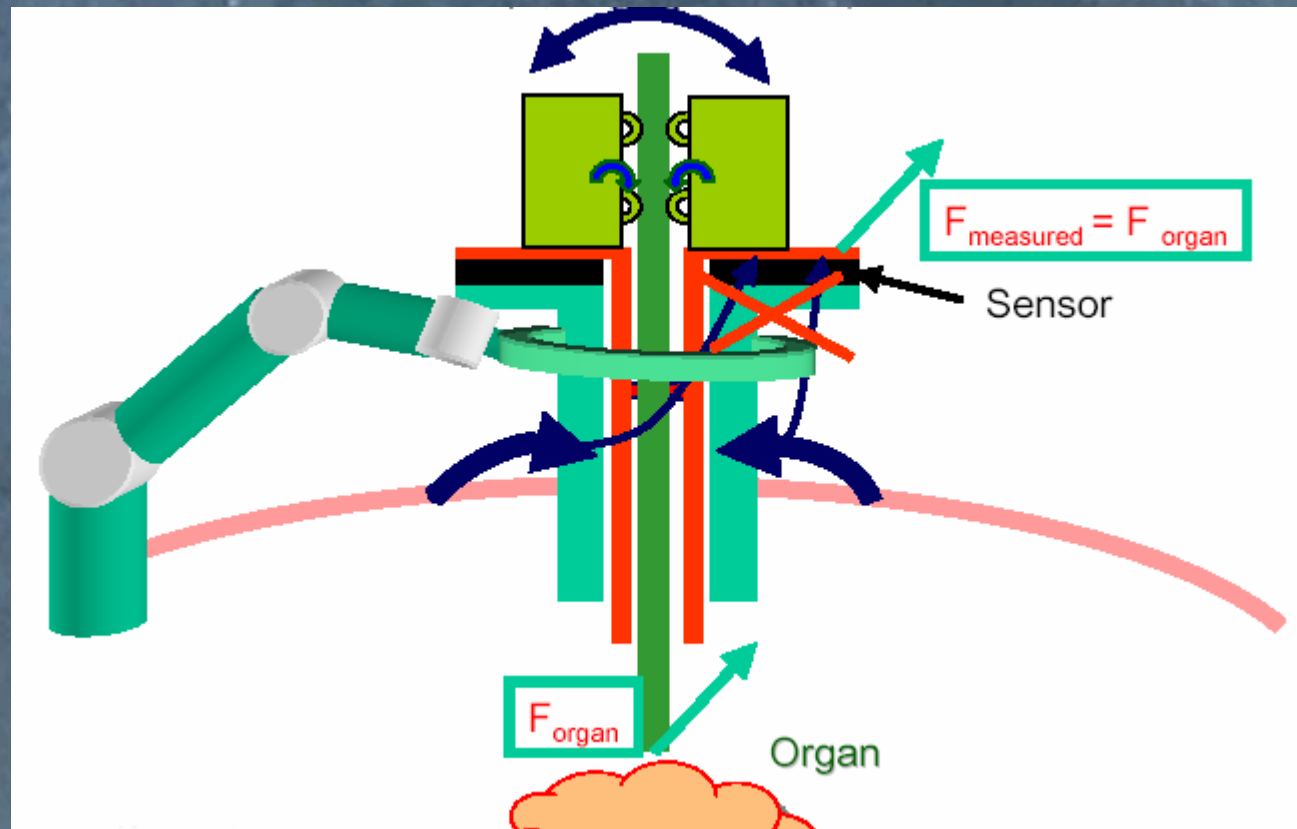
- L'obiettivo del robot MC²E è quello di restituire al chirurgo un ritorno di forza quanto più simile possibile a quello che avrebbe interagendo direttamente all'interno con il tessuto

video



Trocars Sensorizzati

- Questo approccio permette di evitare il problema dei sensori in punta
- Inoltre riduce i problemi di costo e sterilizzazione



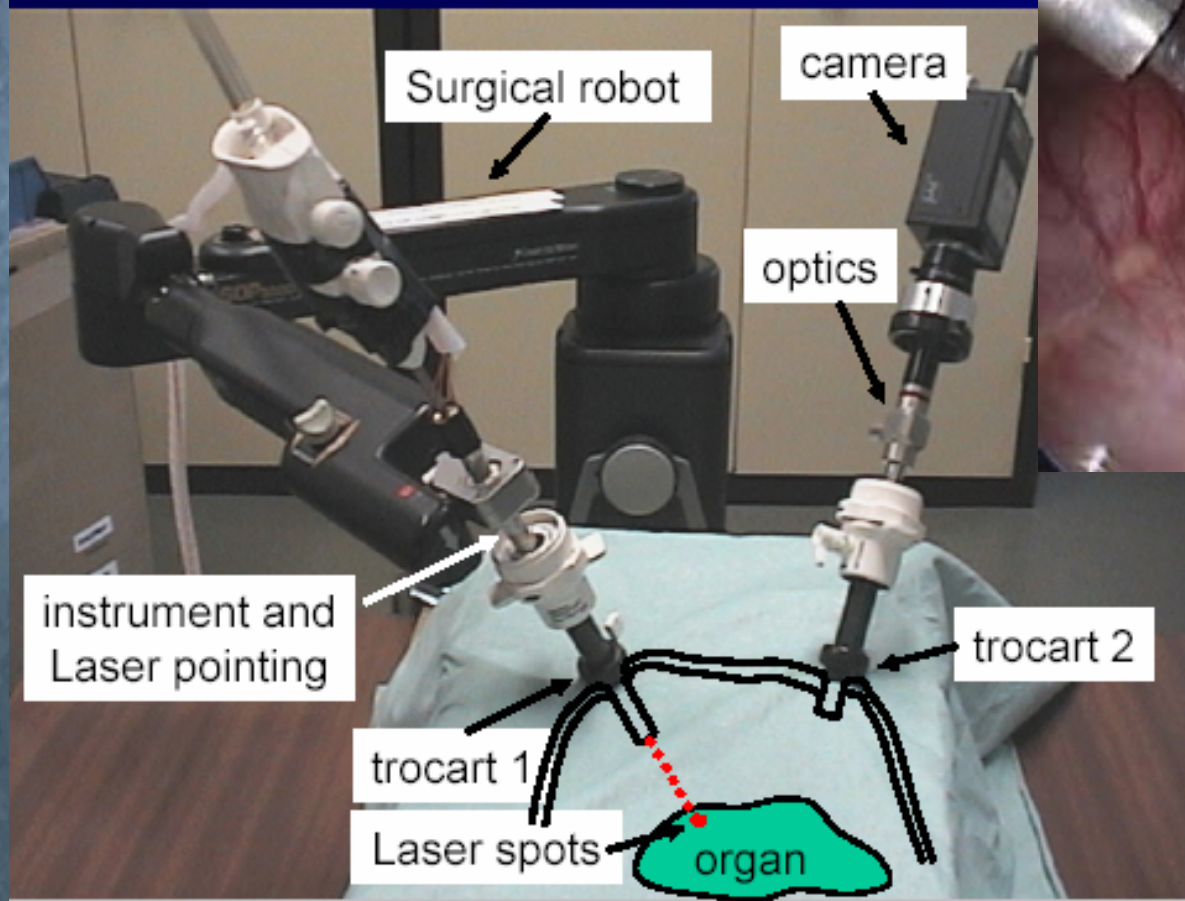
Asservimento tramite *Feedback Visivo*

- Sistema Aesop – Computer Motion: robot per guidare l'endoscopio tramite comando vocale
- Ricerca automatica dello strumento
 - Portare lo strumento nel campo visivo
 - Centrare la punta nell'immagine
- Posizionamento automatico
 - Posizionare lo strumento in un punto scelto sullo schermo
 - Fornire informazioni spaziali (es. profondità)



Architettura del Sistema

Robotic system



Puntatore laser per identificare il punto desiderato

Dispositivi di Puntamento

- 4 laser spots
- Utilizzabili con strumenti standard (4 mm) e con trocars standard (10 mm)
- 3 marcatori ottici per il riconoscimento dello strumento



Applicazioni

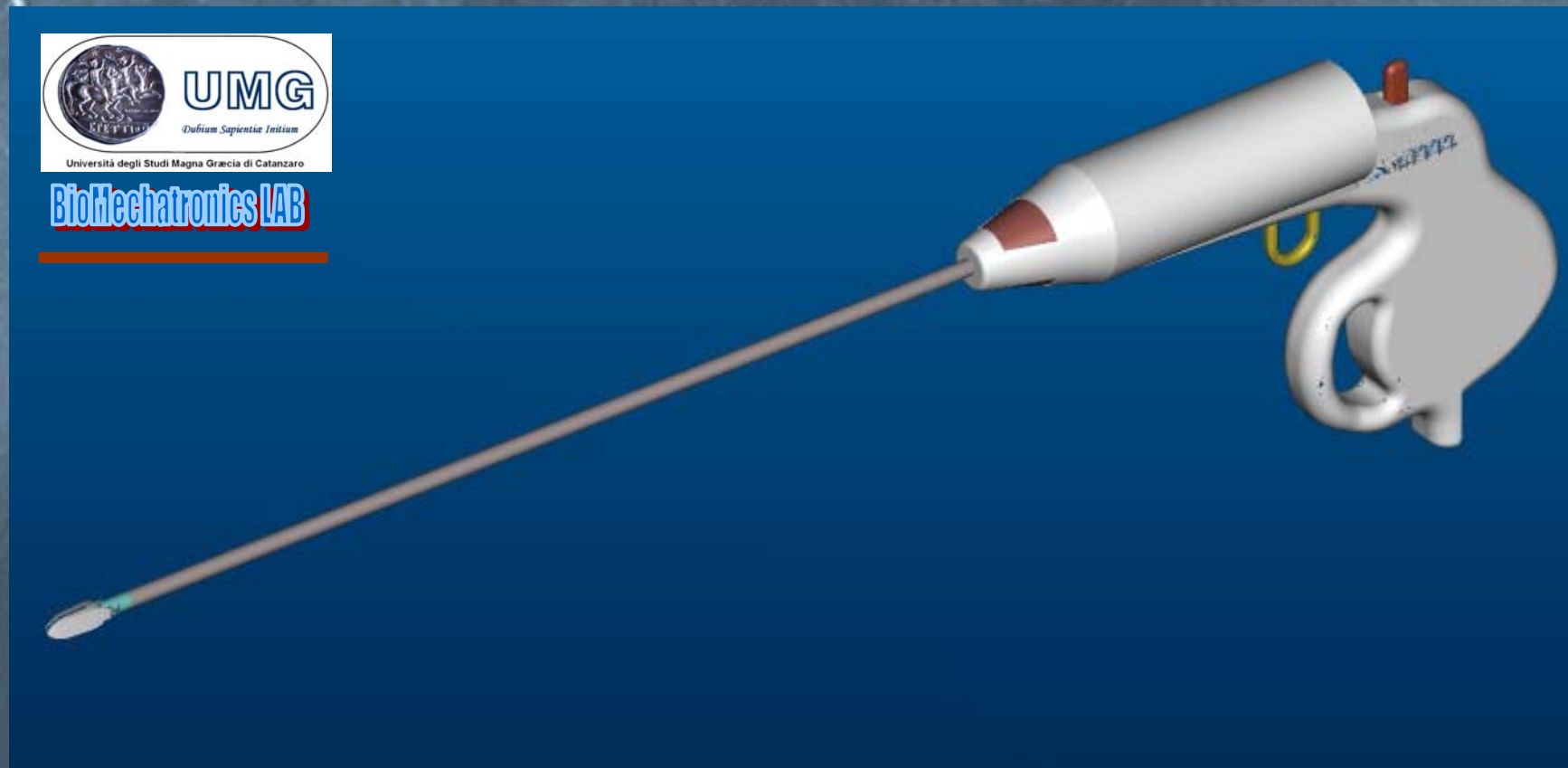
- Posizionamento 3D dello strumento
- Compensazione del movimento respiratorio
- Compensazione del movimento pulsante del cuore

Strumento Meccatronico per MIS

- Dall'analisi dello stato dell'arte nel settore della robotica chirurgica, nonché dal lato medico emerge che
 - Il rapporto benefici/costi non sembra premiare l'adozione di soluzioni robotiche complesse in chirurgia
 - L'orientamento generale va nella direzione dei dispositivi meccatronici, ossia dispositivi simili a quelli tradizionali, ma instrumentati
 - Tali dispositivi, per essere accettati, devono aiutare il chirurgo, ma senza stravolgere la modalità dell'intervento

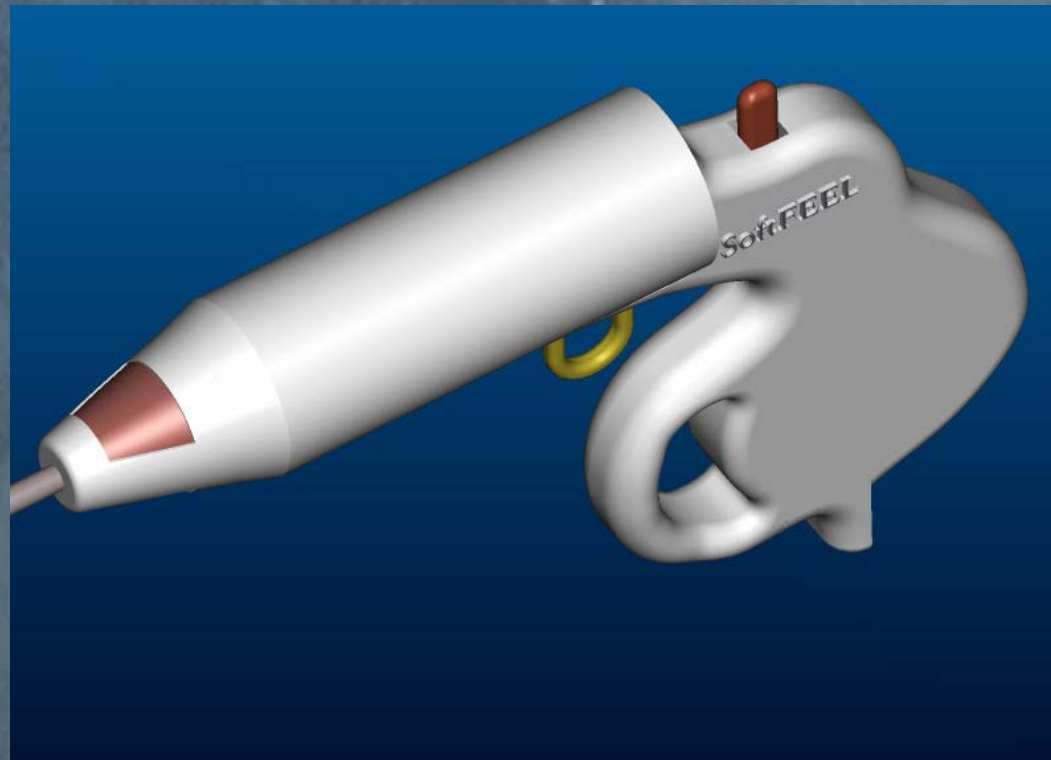
SoftFeel – Biomechatronics Lab @ UNICZ

- In collaborazione con il Prof. Zullo e il Dott. Morelli (reparto di ginecologia)



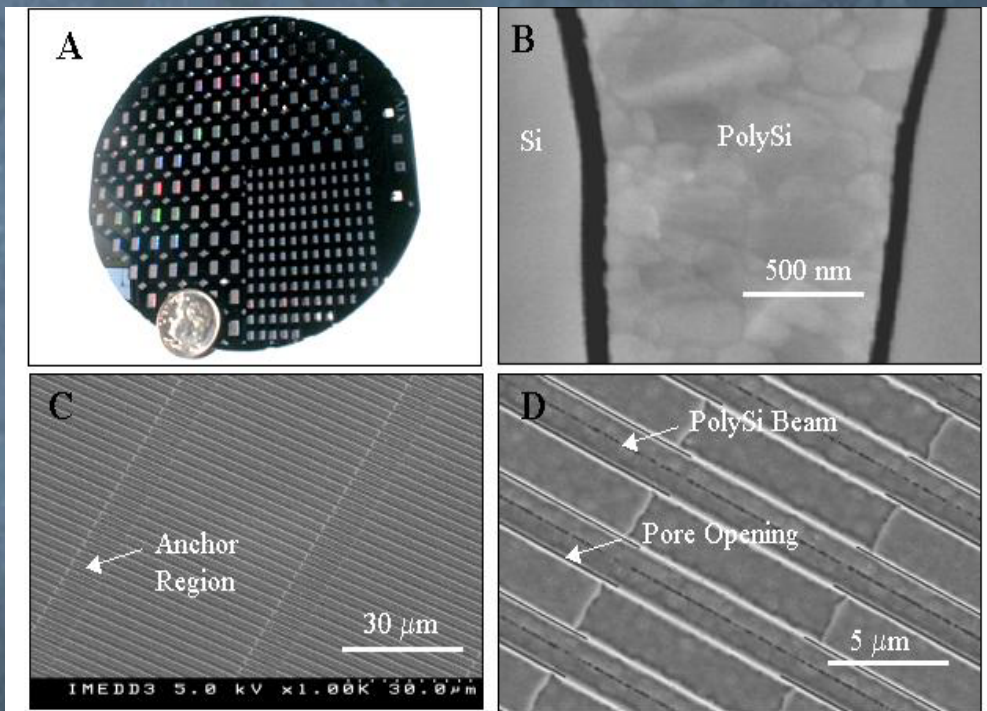
SoftFeel – Biomechatronics Lab @ UNICZ

- Lo strumento permette di automatizzare i movimenti ripetitivi di apertura/chiusura pinza e di rotazione
- La parte distale dello strumento è intercambiabile in fase operatoria
- Nella versione avanzata, una logica di controllo adattativa permetterà di adattare automaticamente la forza di presa alla resistenza del tessuto

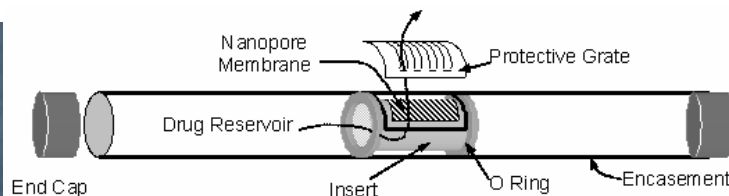
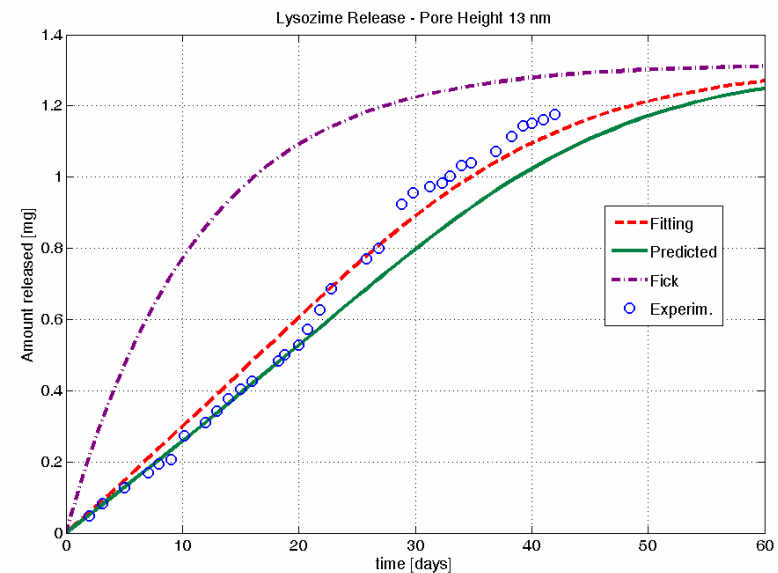


Capsule Nanotecnologiche per Rilascio Controllato

- In collaborazione con il Prof. Esposito e la Dott.ssa Centonze (reparto di chirurgia pediatrica)

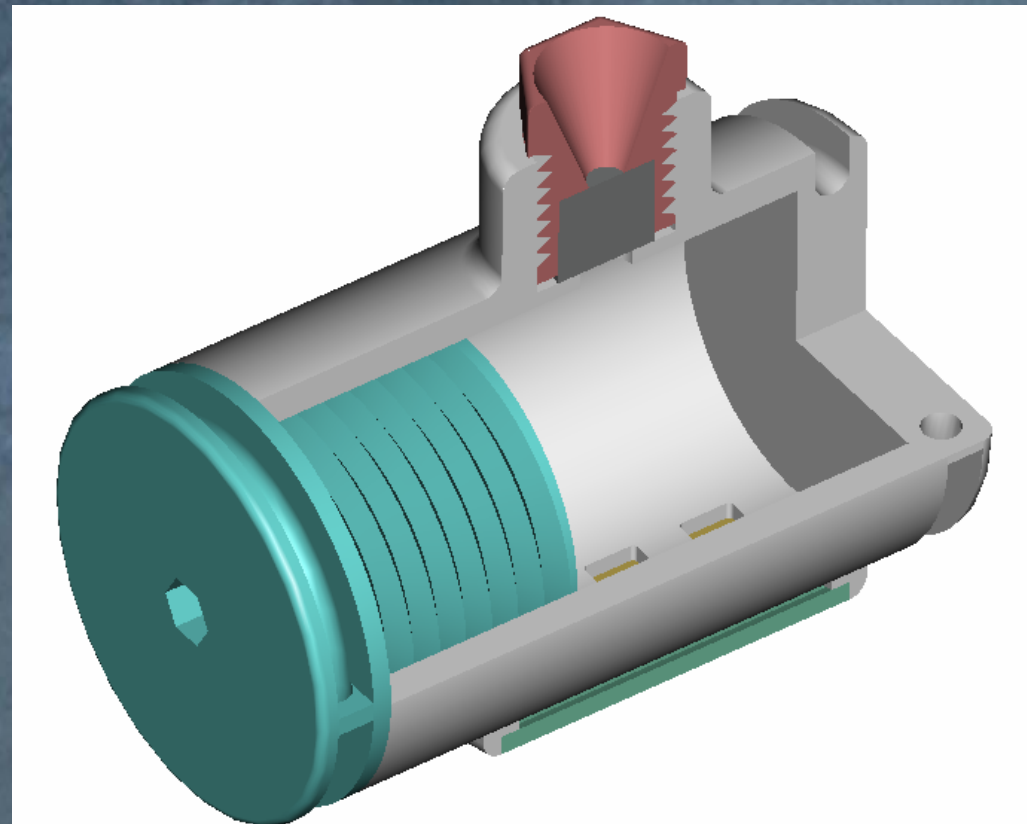


Le membrane di silicio nanoporoso permettono un rilascio costante per periodi lunghi



Prototipo Virtuale

- Impianto in titanio
- Possibilità di ricarica in situ
- Anelli per facilitare il fissaggio tramite sutura

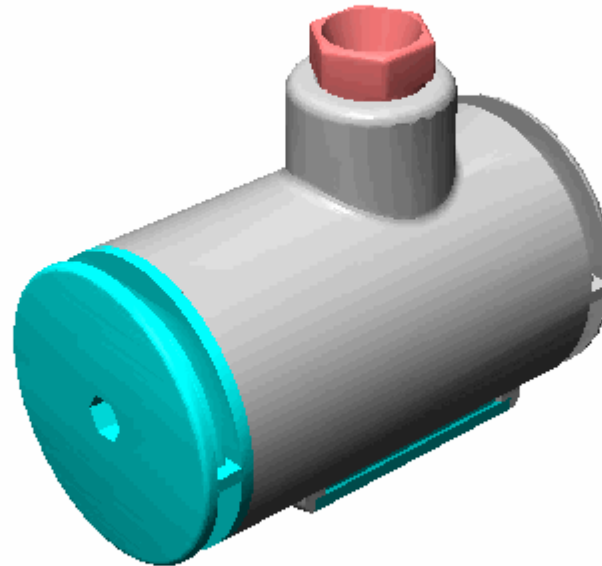


Prototipo Virtuale

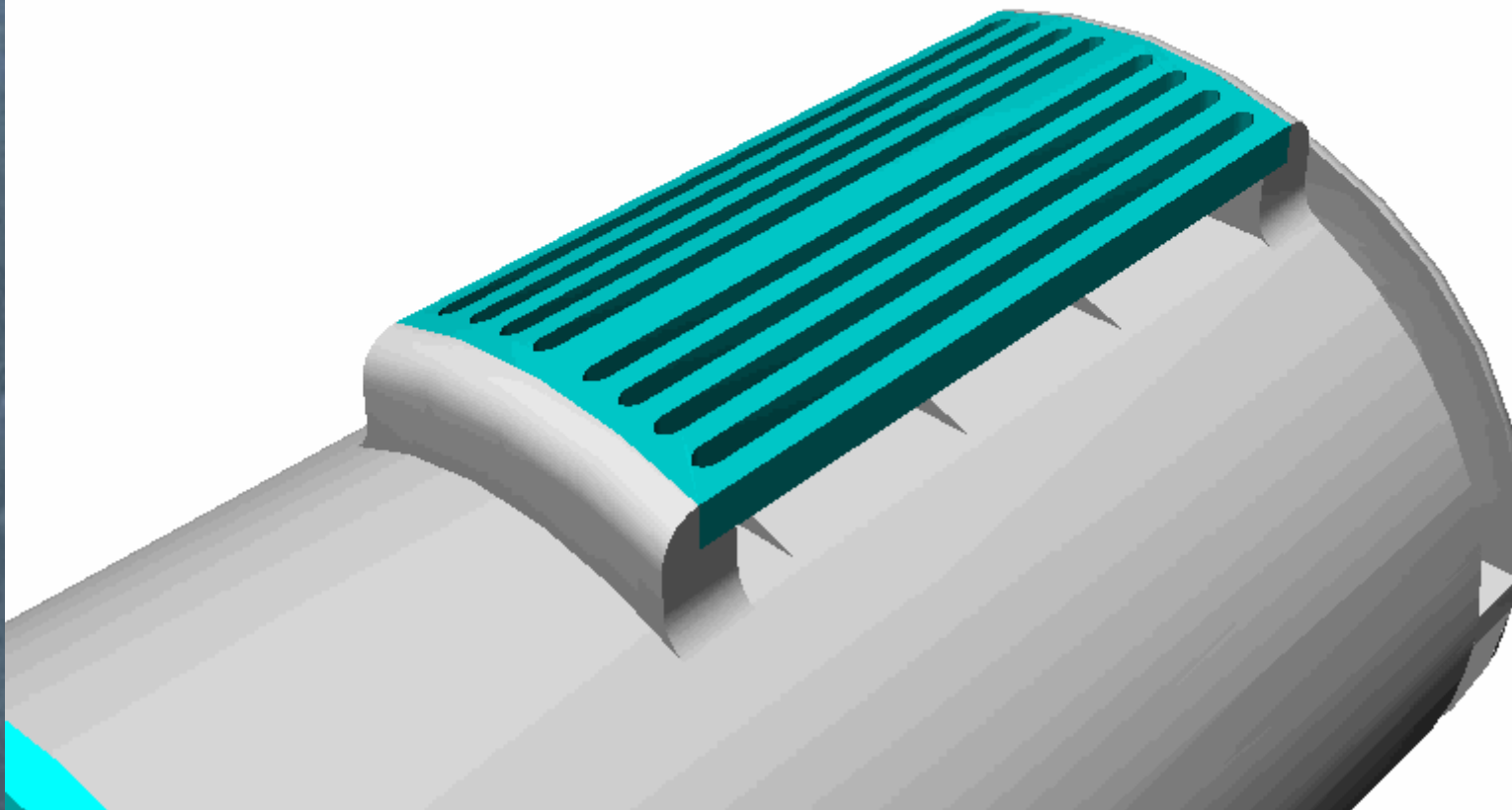


Università degli Studi Magna Graecia di Catanzaro

BioMechatronics LAB



Prototipo Virtuale

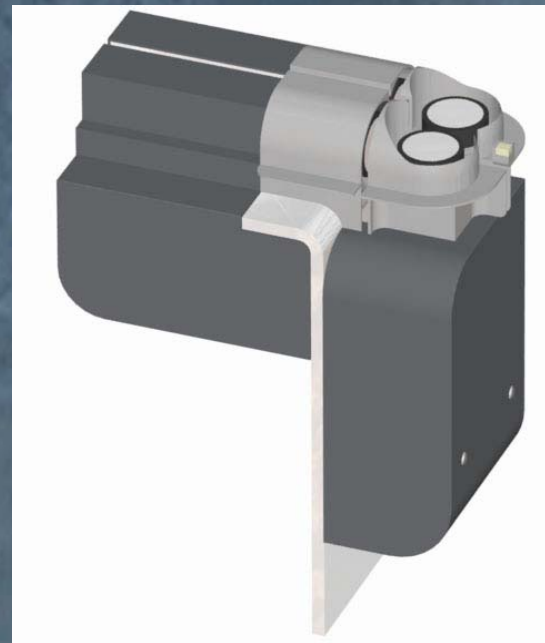


CATDRIVE – Biomechatronics Lab @ UNICZ

- Sistema mecatronico di navigazione remota per interventi di chirurgia endovascolare percutanea
 - Controllo remoto della movimentazione all'interno dei vasi di cateteri ed altri dispositivi ancillari



Unità di comando
(lato operatore)



Unità di movimentazione
(lato paziente)

CATDRIVE – Biomechatronics Lab @ UNICZ

- Stato dell'arte delle procedure endovascolari percutanee
 - Gli interventi sono effettuati manualmente utilizzando cateteri dotati di palloni per angioplastica o predisposti per il posizionamento degli stent
 - I cateteri traslano all'interno dei vasi su dei fili-guida inseriti pre-operatoriamente
 - La visualizzazione del teatro operatorio avviene per mezzo di uno schermo fluoroscopico

CATDRIVE – Biomechatronics Lab @ UNICZ

- Stato dell'arte delle procedure endovascolari percutanee

<http://www.guidant.com>

GUIDANT

CATDRIVE – Biomechatronics Lab @ UNICZ

Un sistema meccatronico attraverso cui l'operatore può comandare la movimentazione di cateteri e di altri dispositivi ancillari

- da remoto (lontano dalle radiazioni ionizzanti emesse dall'apparato di visualizzazione fluoroscopica)
- con precisione millimetrica

fornisce chiari vantaggi

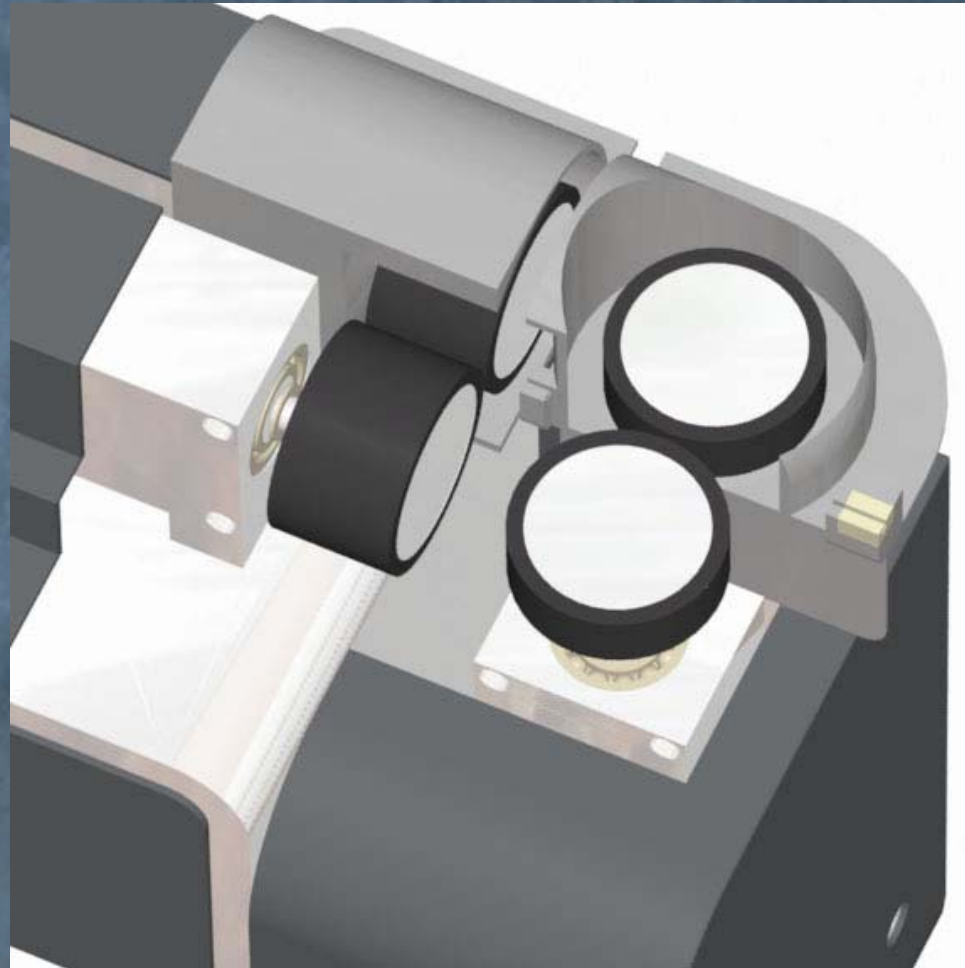
CATDRIVE – Biomechatronics Lab @ UNICZ

Vista complessiva dell'unità di movimentazione



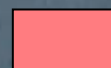
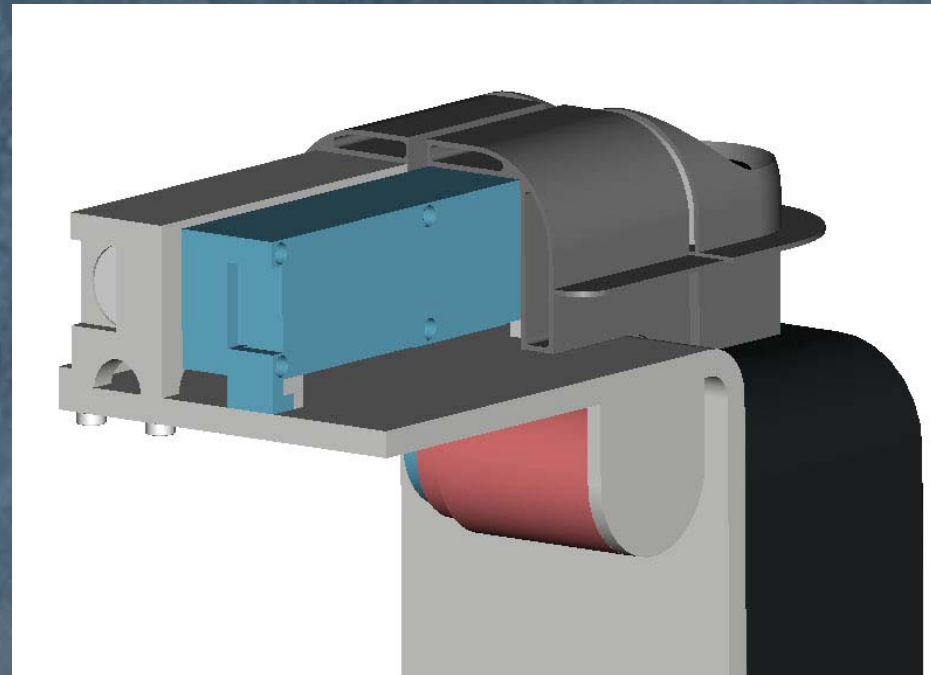
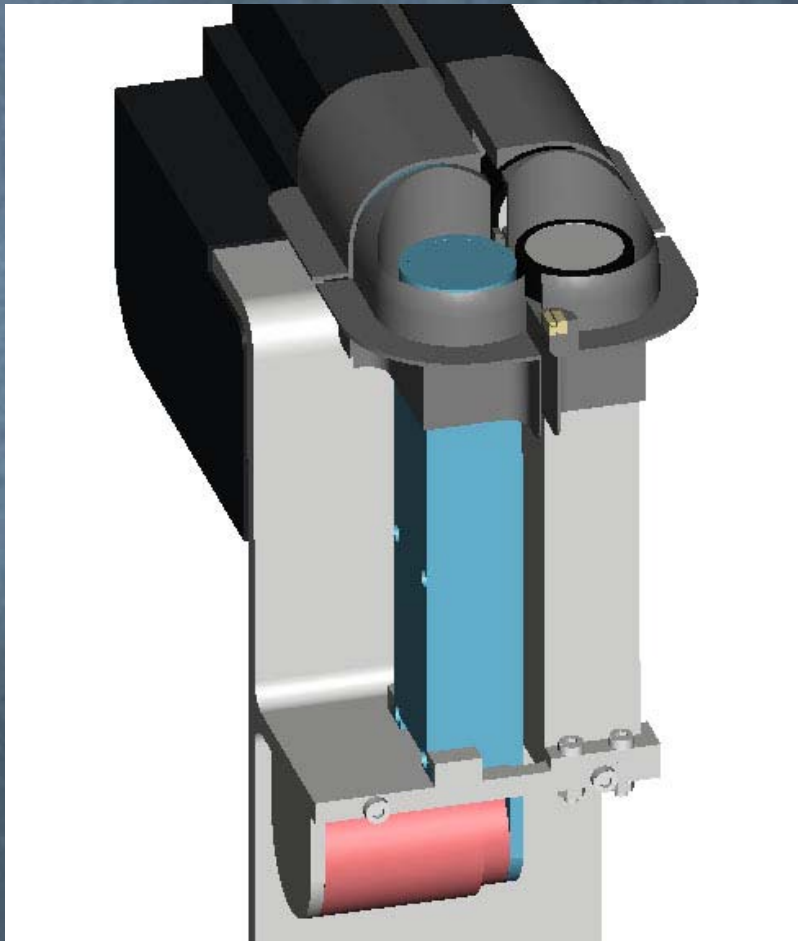
CATDRIVE – Biomechatronics Lab @ UNICZ

Particolari dell'unità di movimentazione

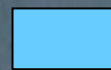


CATDRIVE – Biomechatronics Lab @ UNICZ

Particolari dell'unità di movimentazione



Attuatore lineare



Attuatore rotazionale

CATDRIVE – Biomechatronics Lab @ UNICZ

Ingombri dell'unità di movimentazione

