

Titolo del corso in italiano	ROBOT CON GAMBE: DALLA BIOISPIRAZIONE ALLE NUOVE MACCHINE
Titolo del corso in inglese	LEGGED ROBOTS: FROM BIO-INSPIRATION TO NOVEL LEGGED MACHINES
Finalità del corso: in italiano e in inglese <i>Italiano</i> Il corso si propone di fornire agli studenti dei corsi di dottorato del Politecnico di Torino conoscenze teoriche e pratiche sulla modellazione e sviluppo di robot dotati di gambe. Ai giorni nostri, i robot bipedi, quadrupedi, esapodi o octopodi stanno rapidamente diventando una parte importante dei meccanismi mobili. Inoltre, i robot hanno lasciato i laboratori e stanno entrando nei nostri ambienti umani (ad esempio ASIMO di HONDA, Atlas di Boston Dynamics, Walkman e HyQ dell'Istituto Italiano di Tecnologia, ecc.), aiutando le persone, maneggiando materiali pericolosi, esplorando terreni accidentati e ambienti pericolosi. La bio-ispirazione in robotica è un approccio usato per progettare robot simili a animali e umani. In questo contesto, la locomozione con le gambe è un campo importante che dovrebbe essere esplorato non solo dal controllo, ma anche dal punto di vista della meccanica (ad esempio utilizzando materiali morbidi, collegamenti flessibili, geometria non convenzionale, ecc.). L'obiettivo di questo corso è quello di fornire conoscenze teoriche e pratiche al fine di essere in grado di creare e modellare prototipi di robot con gambe. <i>English</i> The course aims at giving to the Ph.D. candidates' theoretical and practical knowledge on modelling, design, and development of legged robots. Nowadays, biped, quadruped, hexapod or octopod robots are quickly becoming an important part of the mobile mechanisms. Moreover, robots have left the labs and they are entering in our human environments (e.g., ASIMO by HONDA, Atlas by Boston Dynamics, Walkman and HyQ by Istituto Italiano di Tecnologia, etc.), helping people, dealing with hazardous materials, exploring uneven terrain and dangerous environment. Bio-inspiration in robotics is a used approach to design animal-like and human-like robots. In this contest, legged locomotion is an important field which should be explored not only by control, but also by mechanics point of view (e.g. using soft materials, flexible links, unconventional geometry, etc.). The objective of this course is to give theoretical and practical knowledge in order to be able to create and modelling basic legged robot prototypes.	
Programma del corso: in italiano e in inglese <i>Italiano</i> Questo corso presenta una panoramica sulla robotica con gambe (in particolare 2-4 gambe). Concetti teorici e metodi pratici saranno studiati e implementati in prototipi virtuali. Gli obiettivi finali del corso possono essere sintetizzati in due punti: 1) fornire le nozioni di base sulla robotica con gambe dal punto di vista teorico e pratico; 2) usare la conoscenza robotica acquisita per modellare un prototipo virtuale. Il corso è diviso in due parti di 6 ore ciascuna orientate a convalidare i due obiettivi sopra descritti. Nella prima parte verranno studiati in dettaglio alcuni robot con gambe presenti in commercio e letteratura con l'obiettivo finale di analizzare i punti critici dell'hardware e della sua interazione con il mondo circostante. Nella seconda parte, ogni dottorando/a porterà avanti un progetto con l'obiettivo finale di realizzare un prototipo virtuale di un robot dotato di zampe. Il corso comprende l'uso di strumenti CAD-CAE (Solidworks) per la modellazione geometrica e la progettazione funzionale con la selezione di componenti meccanici commerciali tipici (attuatori, ingranaggi, cinghie, freni, giunti, cuscinetti). Verranno utilizzati altri strumenti per la simulazione multibody (MBS), l'analisi agli elementi finiti (FEA) e la pianificazione della traiettoria (ad es. MSC.ADAMS, ANSYS, COMSOL, MATLAB / SIMULINK/Multibody). - Lezione 1 (3 ore): panoramica sulla robotica bipede e umanoide; qualche accenno alla robotica quadrupede e esapode; analisi critica dei prototipi presentati e della loro locomozione; bio-ispirazione dal mondo umano e animale. - Lezione 2 (3 ore): modelli teorici di locomozione di robot a 2 (o 4) zampe; metodologie utilizzate per la camminata; analisi e sviluppo di un robot con gambe; architetture di controllo per l'equilibrio di robot bipedi e quadrupedi. - Lezione 3 (3 ore): progetto personale di un robot con gambe (PPLR); progettazione concettuale e funzionale del PPLR; - Lezione 4 (3 ore): modellazione del PPLR; <i>English</i> This course presents an overview on legged robotics (in particular the 2-4 legs). Theoretical concepts and practical methods will be studied and implemented in virtual prototypes. The final goals of the course are twofold: 1) to give the basic notions on legged robotics from theoretical to practical point of view; 2) to merge the robotic knowledge in a virtual prototype. The course is divided in two parts of 6 hours oriented to validate the two	

goals described above. In the first part, some of the real legged robots available in commerce and literature will be studied in details with the final aim to underline critical points. In the second part, each Ph.D. candidate will propose a project with the final aim to realize a virtual prototype of a legged robot. The course comprises the use of CAD-CAE tools (Solidworks) for geometric modelling and functional design and the selection of typical commercial mechanical components (actuators, gears, belts, brakes, joints, bearings). Other tools for Multi-Body Simulation (MBS), Finite Element Analysis (FEA) and trajectory planning (e.g.: MSC.ADAMS, ANSYS, COMSOL, MATLAB/SIMULINK/Multibody) will be used.

- Class 1 (3 h): An overview on biped robots and Humanoid Robotics; An introduction to quadruped and hexapod robots; Critical analysis on presented prototypes and their locomotion; human-like and animal-like robots: the bio-inspiration concept.
- Class 2 (3 h): Theoretical Models of Legged Locomotion; Used method for the locomotion; Design and Development of a Legged Robot; Control architectures for biped and quadruped balancing systems.
- Class 3 (3 h): Personal Project of a Legged Robot (PPLR); Conceptual and Functional Design of the PPLR;
- Class 4 (3 h): Modelling of the PPLR;

References

- L. Sciavicco and B. Siciliano, Modelling and Control of Robot Manipulators, Springer, London, UK, 2nd edition, 2000.
- Vukobratović M. and Borovac B., 2004. Zero-moment point - thirty five years of its life, International Journal of Humanoid Robotics, 2004.
- B. Vanderborght, "Dynamic Stabilisation of the Biped Lucy Powered by Actuators with Controllable Stiffness", Star, Springer tracts in advanced robotics, 63 (2010).
- McGeer T., 1990. Passive dynamic walking, International Journal of Robotics Research, vol. V54 IS6, pp. 1–21.
- Raibert M., 2010. Dynamic legged robots for rough terrain, in 10th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2010), pp. 1–1, 2010.
- Collins S. H., Wisse M., and Ruina A., 2001. A three-dimensional passive-dynamic walking robot with two legs and knees, International Journal of Robotics Research (IJRR), vol. 20(7), pp. 601–615, 2001.
- Muscolo G. G., Recchiuto C. T., Molfino R., 2015. Dynamic balance optimization in biped robots: Physical modeling, implementation and tests using an innovative formula. Robotica 2015, Vol. 33, n°10, pp. 2083-2099. Cambridge University Press.