



# Desenvolvimento de Algoritmos de Controlo para a Locomoção de um Robot Humanóide

## Autoria:

Milton Ruas da Silva, N.º Mec. 21824 - LEET  
milton.ruas@gmail.com

## Orientação:

Filipe M.T. Silva DETI-IEETA (fsilva@det.ua.pt)  
Vítor M.F. Santos DEM-TEMA (vsantos@mec.ua.pt)

## 1. Introdução

### ENQUADRAMENTO

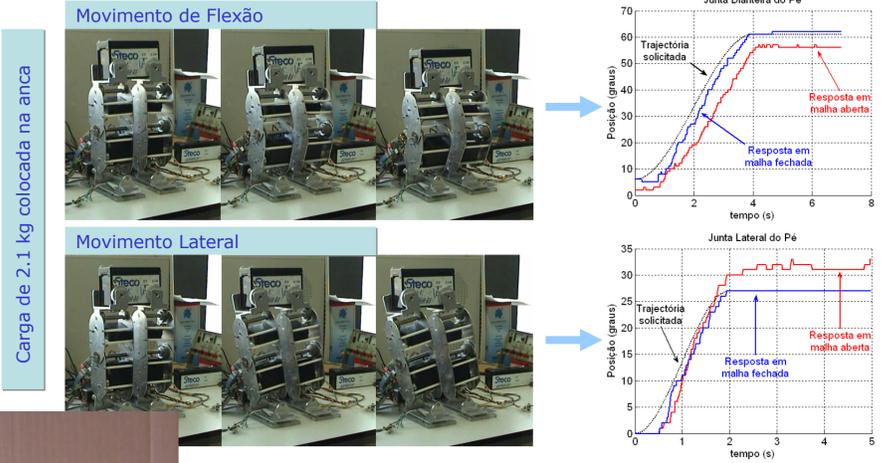
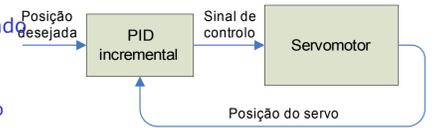
- A concepção de um Robot Humanóide constitui um dos maiores desafios na área da robótica:
  - Construir um ser artificial semelhante ao homem é um sonho inato
  - Marcas como a Sony ou a Honda já deram os primeiros passos
- Um projecto de colaboração entre o DETI e o DEM, iniciado em 2003, permitiu a construção de uma plataforma humanóide de baixo custo para a realização de investigação em áreas tão diversas como o controlo, a percepção e a navegação

### OBJECTIVOS

- Este projecto visava o desenvolvimento e implementação de um conjunto de módulos de hardware e software a testar na plataforma Humanóide, sendo decomposto nas seguintes fases:
  - Desenvolvimento dos módulos de comunicação entre os diversos componentes da arquitectura distribuída de controlo
  - Desenvolvimento e implementação de estratégias de controlo a adoptar na actuação das juntas (controlo em posição e velocidade)
  - Implementação de um exemplo de controlo local baseado em sensores de força nos pés (equilíbrio sobre um plano de inclinação variável)

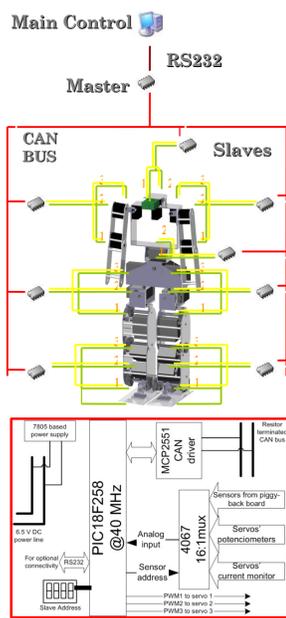
## 4. Controlador de Baixo-Nível

- Solução: compensação por software usando malha externa de controlo!
- Resultados mostram [1,2]:
  - Bom comportamento em regime estacionário
  - Melhoria no seguimento de trajectória

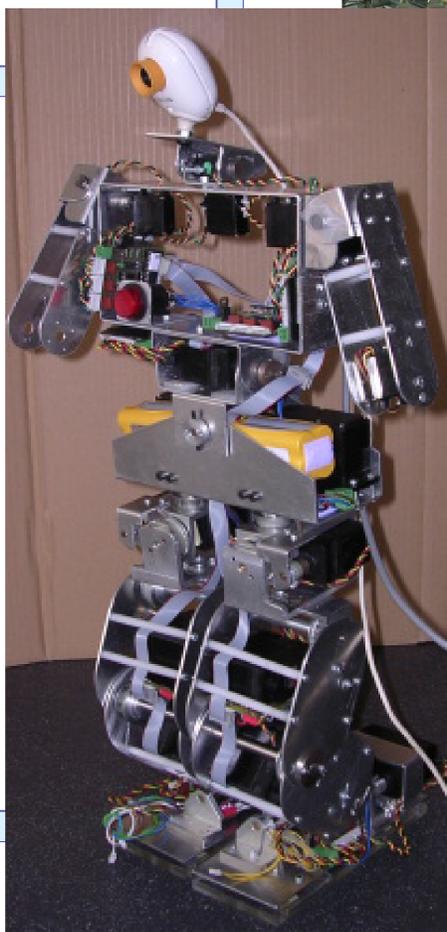


## 2. Arquitectura do Sistema

- Plataforma humanóide
  - 22 graus de liberdade
  - Peso: 6 kg
  - Altura: 60 cm
- Arquitectura distribuída
  - Rede de controladores interligados por CAN-bus
  - Configuração Master/Multi-Slave
- Comunicações assíncronas:
  - Master e Slaves: CAN bus a 1 Mbit/s
  - Master e PC: série RS232 a 115 Kbaud

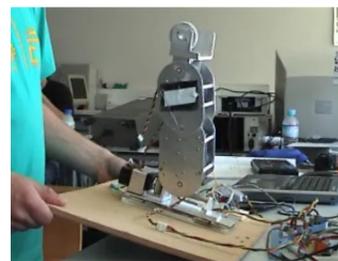


- Unidades de Controlo Slave:
  - Comandam até 3 actuadores
  - Permitem controlo local
  - Interface via piggy-back

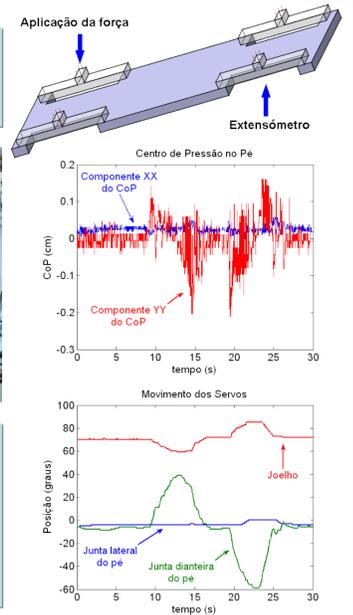


## 5. Exemplo de Controlo Local

Equilíbrio de 1 perna no plano inclinado baseado nas forças de reacção [3]

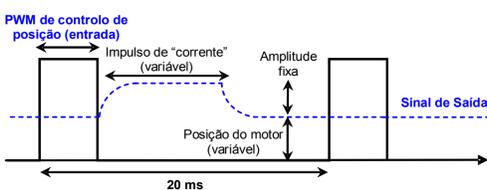


Lei de Controlo:  
 $\Delta q = K \cdot J^T \cdot e$   
 $\Delta q$ : velocidade das juntas  
 $J$ : matriz do Jacobiano  
 $e$ : erro entre posição desejada e actual do centro de pressão



## 3. Actuadores

- Actuação nas juntas: servomotores HITEC
  - Pequenos, compactos e relativamente baratos
  - Incluem motor, redutor e electrónica de controlo
- Limitações/desvantagens
  - Não disponibilizam controlo de velocidade e/ou binário
  - Comportamento não linear em função da carga
- Actuação e Leitura Sensorial
  - Controlo de posição: PWM a 50 Hz e duty-cycle de 1-2 ms
  - Leitura da posição e estimativa da corrente consumida



Correias de transmissão para elevar binários



Aplicação	Modelo	Massa (g)	Binário (Nm)
Braços & juntas de baixo binário	HS85BB	~20	0.35
Pernas & juntas de alto binário	HS805BB	119	2.26

## 6. Conclusões

- A arquitectura distribuída revela várias vantagens:
  - Sistema de controlo mais simples e fiável
  - Debugging simplificado
- O controlador de baixo-nível mostra desempenho adequado:
  - Controlo de posição otimizado com a adição de um compensador PID
  - Controlo de velocidade possível com aplicação de trajectórias suaves
  - O robô é capaz de realizar movimento básicos e "caminha" para a marcha
- O controlo local baseado nos sensores de força é possível:
  - Resposta bastante reactiva a inclinações do plano! Mais evoluções à vista ...
- Perspectivas futuras:
  - Compensar variações de inércia usando estimativa de corrente consumida
  - Combinar controlo de posição/velocidade com o controlo de equilíbrio
  - Substituir PC por sistema baseado em PC104, nano-ITX ou similar
  - Participar na próxima edição do ROBOCUP (Liga Humanóide)

### PUBLICAÇÕES

- M. Ruas, F. Silva, V. Santos, "Parameter Measurement for Speed and Torque Control of RC Servomotors on a Small-Size Humanoid Robot", nas Actas do Encontro Científico Robótica 2006, pp. 71-79, 28 Abril, Guimarães, Portugal, 2006
- M. Ruas, F. Silva, V. Santos, "Towards Velocity and Torque Control of RC Servomotors for a Humanoid Robot", aceite para publicação nos Proc. of the Int. Conf. on Climbing and Walking Robots, CLAWAR'06, 12-14 Set., Bruxelas, Bélgica, 2006
- M. Ruas, F. Silva, V. Santos, "A Low-Level Control Architecture for a Humanoid Robot", submetido à IEEE International Conference on Humanoid Robots, Humanoids2006, Génova, Itália, 2006.