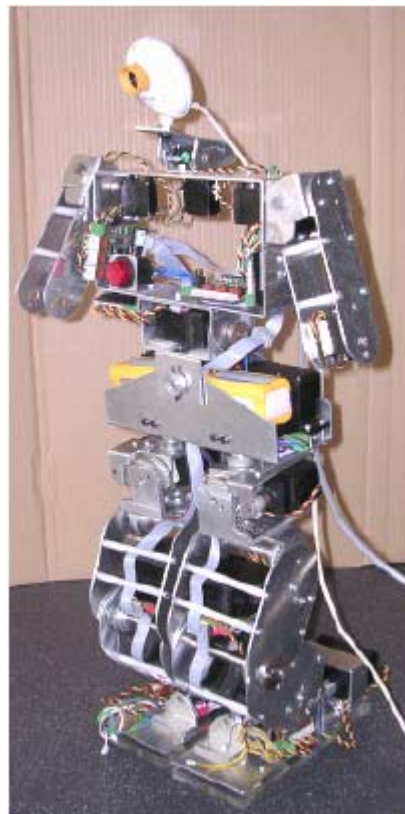




Universidade de Aveiro

Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática, IEETA
Setembro/Octubre 2006

Desenvolvimento da Unidade Central de Controlo para uma Plataforma Humanóide



Orientação:

Prof. Dr. Filipe Silva (DETI-IEETA)

Prof. Dr. Vítor Santos (DEM-TEMA)

Daniel Baptista nº 28703 E.E.T

Índice

1. Introdução.....	4
2. Enquadramento do projecto.....	4
3. Objectivos do trabalho.....	5
4. Unidades centrais e suas características	5
4.1. Mainboards	5
4.1.1. Introdução.....	5
4.1.2. Características das Mainboards	6
4.2. PC 104 e PC 104+	7
4.2.1. Introdução.....	7
4.2.2. Características das PC 104+	7
4.3. PDA	8
4.3.1. Introdução.....	8
4.3.2. Características dos PDA's	8
5. Equipas participantes no RoboCup	9
6. As melhores soluções	10
7. Conclusão	10
8. Nota	11
9. Bibliografia.....	11

Resumo:

Neste trabalho pretende-se projectar uma unidade central de processamento, para processar imagens vídeo e controlar um robô humanóide de baixo custo. Pretende-se ainda projectar as câmaras de visão, com os algoritmos de processamento de imagem e os de controlo.

A grande ambição deste trabalho é a participação no concurso Robocup, modalidade *The Penalty Kick*. Futuramente, irão ser construídos mais dois humanóides para entrar na classe de *Team kid*. No final deste projecto espera-se que o robô tenha atingido os objectivos.

1. Introdução

No século passado, grandes visionários redigiram livros e realizaram filmes de robôs, seres artificiais, capazes de, além de ajudar a desempenhar tarefas, pensarem e aprenderem coisas por si mesmos, interagirem com o ser humano, expressarem emoções, terem uma consciência própria... isto é, possuírem características humanas.

Hoje em dia essa visão passou à realidade, com o grande desenvolvimento da tecnologia. A concepção de um robô humanóide, um ser artificial antropomórfico semelhante ao homem, é possível. Mas, por enquanto, com grandes limitações, pois o ser humano é a forma de vida mais complexa conhecida até hoje, tornando-se um grande desafio para o nosso engenho imitar essa forma de vida.

Neste projecto, o nosso grande desafio é a concepção e desenvolvimento de um robô humanóide. Assim, neste relatório, é possível encontrar o enquadramento do projecto e objectivos do trabalho, o estudo das unidades centrais (CPU Mainboards, PC/104 e PDAs), bem como as conclusões tiradas após este estudo, e as referências bibliográficas consultadas na sua elaboração.

2. Enquadramento do projecto

Grandes companhias de desenvolvimento de produtos tecnológicos apareceram com protótipos de várias plataformas humanóides com grandes capacidades humanas. Foi este, o principal móbil que levou um grupo do DEM, em colaboração com DETI, da Universidade de Aveiro, a construir o primeiro robô humanóide em Portugal. Os primeiros objectivos aquando da concepção do robô, eram entrar em duas competições: o ROBOCUP e o FIRA, duas organizações internacionais que realizam anualmente competições na classe dos robôs humanóides.

A construção do robô foi iniciada em 2003. Actualmente este já tem toda a estrutura externa construída e alguns algoritmos de controlo aplicados, que permitem ao robô fazer coisas básicas como manter o equilíbrio. A unidade de processamento actualmente utilizada e que se pretende substituir é um PC. Com a construção do robô humanóide já neste ponto, é necessária a remoção dos cabos de ligação ao PC e substituir este por uma unidade central de processamento de pequenas dimensões para que o robô seja totalmente autónomo e capaz de desempenhar determinadas tarefas sem intervenção humana.

A Unidade Central de Processamento é responsável pela gestão global dos procedimentos incluindo as seguintes tarefas: cálculo das configurações que as juntas devem adoptar com base em directivas de alto nível, processamento de imagens vídeo, interacção com computador externo para permitir monitorização, *debug* ou *tele-operação*.

A motivação para a investigação desta unidade, na área da robótica humanóide, é encontrada em diversos protótipos do tipo e em novos componentes electrónicos do mercado.

3. Objectivos do trabalho

Neste trabalho, pretende-se estudar o estado da arte, investigar as opções do mercado e escolher a melhor solução para a unidade central de processamento. Tendo em consideração o controlo do humanóide, os algoritmos de processamento de imagem e ainda as comunicações entre vários humanóides que irão ser construídos futuramente. Esta tarefa vai ser dividida em:

1. Análise do estado actual de desenvolvimento do sistema e compreensão dos requisitos tecnológicos envolvidos:
 - Avaliação do desempenho ao nível do controlo, visão, planeamento e percepção, tendo em conta os requisitos físicos e funcionais colocados pela participação no ROBOCUP;
2. Investigação e procura da unidade central de processamento em função dos requisitos tecnológicos para que o humanóide seja totalmente autónomo;
3. Conclusões sobre a melhor solução para a unidade central de processamento tendo em conta todos os requisitos pedidos e o seu custo;
4. Numa fase posterior, introduzir os melhoramentos possíveis ao sistema existente.

4. Unidades centrais e suas características

4.1. Mainboards

4.1.1. Introdução

Com o aumento da capacidade dos circuitos integrados cada vez mais foram construídos processadores de elevada capacidade computacional e com dimensões muito reduzidas. Estes processadores altamente compactos são especialmente fabricados para dispositivos móveis de reduzidas dimensões, de baixo consumo e sem nenhum padrão estabelecido.

A utilização de uma mainboard não implica obrigatoriamente a utilização de disco rígido para armazenamento dos dados; os sistemas operativos podem ser instalados numa *flash memory*. A utilização de um disco rígido não deve ser posta de parte, mas este terá que ser fixo no humanóide, o que é uma desvantagem pois vai torná-lo mais pesado.

4.1.2. Características das Mainboards

CPU Type	Nano-ITX	Mini-ITX	Intel XScale PXA270	AMD Geode LX800	MPC8271	VIA C3/C7 CoreFusion	Intel XScale PXA255	AMD Geode CS1200	Pentium III	AMD Elan SC520
CPU Speed (MHz)	1000	600	520	500	400	1000	400	300	1260	133
Memory	1.0GB DDR400	128MB SDRAM	128MB SDRAM	1.0GB DDR	128MB SDRAM	256MB DDR	128MB SDRAM	128MB SDRAM	128MB SDRAM	128MB SDRAM
Display interface	VGA	RCA TV out	VGA	LCD	LCD	VGA	VGA	LCD	VGA	LCD
Video input port	S-Video	S-Video	Direct camera	1	none	S-Video	none	none	none	none
Flash Disk	?????	32MB	512 MB	512 MB	512 MB	512 MB	512 MB	512 MB	512 MB	128 MB
USB	4	4	4	3	2	4	2	3	2	2
COM(serial) Ports	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
PCI	1 mini PCI	2 PCI	1 PCI	none	none	1 PCI	none	1 PCI	1 PCI	1 PCI
Hard Disk interface	2 IDE	2 IDE	1 IDE	1 IDE	1 IDE	1 IDE	1 IDE	1 IDE	1 IDE	1 IDE
10/100Mb Ethr Ports	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PCMCIA	none	none	1 slot	none	1 slot	none	1 slot	none	none	none
Wi-Fi	none	none	WiFi 802.11	none	none	none	none	none	none	none
O/S Support	Win CE XP Em and Linux	Win CE XP Em and Linux	Win CE XP Em and Linux	Win CE XP Em and Linux	Win CE XP Em and Linux	Win CE XP Em and Linux	Win CE XP Em and Linux	Win CE XP Em and Linux	Win CE XP Em and Linux	Win CE XP Em and Linux
Dimensions	12cm X 12cm	17cm X 17cm	6.8cm X 5.8cm	6.8cm X 5.8cm	6.8cm X 5.8cm	7.0cm X 8.6cm	6.6cm X 4.4cm	6.8cm X 5.8cm	9.1cm X 9.6cm	7.8cm X 6.0cm
Supply Voltage	+3.3V +5V +12V IDE	+3.3V +5V +12V IDE	+3.3V +5V	+3.3V	+3.3V +5V	+3.3V +5V	+3.3V +5V	+3.3V +5V	+3.3V +5V	+3.3V +5V
Power Consumption	14.0W	6.0W	2 W	5 W	3W	12W	2 W	5 W	40W	4 W
Price	\$332	\$145	\$100 to \$200	\$150 to \$300	\$120 to \$200	\$200 to \$300	\$100 to \$200	\$120 to \$200	\$250 to \$500	\$100 to \$200

Tabela nº1: CPU mainboards

Como podemos ver ao analisar a tabela nº1¹ com as diversas características das mainboards, estas poderão ser uma das melhores soluções para a unidade central de processamento. A utilização de uma micro mainboard tem muitas vantagens como, por exemplo, uma enorme capacidade de processamento e utilizar um sistema operativo que vai facilitar muitas funções a implementar.

Na tabela nº1 é de notar que quanto for maior a velocidade de processamento da placa maior é o consumo desta. Verificamos logo que o pentium III não pode ser uma solução para o nosso projecto pois, este tem um enorme consumo de energia.

¹Referências bibliográficas 1 e 4

4.2. PC 104 e PC 104+

4.2.1. Introdução

A PC 104 foi inicialmente criada para que todos os fabricantes de componentes para PC tivessem módulos standard para aplicações embutidas.

As grandes vantagens de uma PC 104 sobre um vulgar PC são: as dimensões da placa (que na PC 104 são 3.6" x 3.8" ou 96mm x 91mm), o modo único e standard de retirar o barramento da placa, os pinos e os *socket* são de, exactamente, 60 e 40 contactos (macho/fêmea) para interligação das placas, e o barramento com correntes máximas de 6 mA para que cada módulo não tenha um consumo superior a 1 ou 2 Watts.

A grande diferença entre a PC 104 e a PC 104 plus é que esta última inclui um barramento PCI.

4.2.2. Características das PC 104+

CPU Type	Intel XScale PXA270	Intel XScale PXA255	AMD Geode	VIA C3/C7 C3/ESP/C7	Celeron or Pentium-III	Intel XScale IXP425
CPU Speed (MHz)	300-520	200-400	133-500	300-1000	600-1260	533
Instruction set	ARM	ARM	X86	X86	X86	X86
DRAM Size (MB)	16-128	16-64	32-1000	64-256	32-384	16-64
Flash Disk Size (MB)	1-512	1-512	1-512	32-512	32-512	32-512
Display Type	LCD & CRT	LCD & CRT	LCD & CRT	LCD,CRT,TV	LCD & CRT	LCD & CRT
Display Res. (max)	1280x1024	800x600	1280x1024	1600x1200	1600x1200	800x600
Display Color (max bpp)	16	16	800x600	24	24	16
10/100Mb Ethr Ports	2	2	2	2	2	2
COM (serial) Ports	2	2	3	2	2	3
USB Ports	4	2	3	4	2	4
PC Card / Card Bus Slot	2	2	2	2	2	2
PC/104+ Compatible	Yes	Yes	yes	yes	Yes	yes
Hard Disk interface	1 IDE	1 IDE	1 IDE	1 IDE	1 IDE	None
General Purpose I/O	30	30	20	4	20	20
O/S Support	Linux Win CE	Linux Win CE	Linux Win CE Win XP Em	Linux Win CE Win XP Em	Linux Win CE Win XP Em	Linux
Size (mm)	96x91x12 111x91x12	96x91x12	96x91x12	96x91x25 111x91x25	96x91x30	96x91x25
Supply Voltage	+3.3V +5V	+3.3V +5V	+3.3V +5V	+3.3V +5V	+3.3V +5V	+ 5V
Power Consumption	5W	4W	6W	10W	40W	6W
Power Down mode	yes	yes	yes	yes	yes	none
Price	\$70 to \$200	\$70 to \$200	\$70 to \$150	\$70 to \$200	\$70 to \$200	\$200

Tabela nº2: PC 104 plus

Como podemos ver ao analisar a tabela nº2², todas as soluções aqui apresentadas para a unidade central de processamento são PC 104 plus. Esta é uma boa solução para fugir aos preços elevados das mainboards, mas perde-se capacidade de processamento.

Verificamos que o Pentium III em versão PC 104 tem maior velocidade de processamento, maior RAM disponível e todas as conexões necessárias para o projecto. Contudo, este tem uma potência consumida exagerada o que o retira logo das opções.

² Referências bibliográficas 1, 2, 3, 6 e 7

4.3. PDA

4.3.1. Introdução

Originalmente, o PDA foi fabricado para ser uma agenda de bolso electrónica. Actualmente, este é mais que uma agenda; é um computador com elevado grau de processamento para as suas dimensões muito reduzidas. As suas funções são um pouco limitadas, mas não deixa de ser uma solução interessante.

4.3.2. Características dos PDA's

Name	Pocket Loox 720	e830	MyPal A730	iPAQ hx4705	Cassiopeia DT-10	Axim X50v
Manufacturer	Fujitsu-Siemens	Toshiba	Asus	HP	Casio	Dell
Dimensions	4.8" x 2.8" x 0.7" / 122 x 72 x 15.2mm	5.3" x 3.0" x 0.7" / 135 x 77 x 16.7mm	4.6" x 2.9" x 0.6" / 117 x 73 x 17mm	5.17" x 3.03" x 0.59" / 131 x 77 x 15mm	5.5" x 3.2" x 1.0" / 140 x 80 x 25mm	4.7" x 2.9" x 0.7" / 119 x 73 x 16mm
Weight	6.0oz / 170g	7.0oz / 200g	6.0oz / 170g	6.6oz / 187g	10.6oz / 300g	6.2oz / 175g
Processor	520MHz (Intel XScale)	520MHz (Intel XScale)	520MHz (Intel XScale)	624MHz (Intel XScale)	416MHz (Intel XScale)	624MHz (Intel XScale)
Graphics Processor	integrated	integrated intel chipset	integrated intel chipset	ATI 3220	none?	Intel 2700G (marathon w/extended memory)
Screen	3.6" VGA (640x480) transreflective TFT	4.0" VGA (640x480) transreflective TFT	3.7" VGA (640x480) transreflective TFT	4" Transflective VGA (640x480) TFT	3.7" VGA (640x480) TFT	3.7" VGA (640x480) transreflective TFT
RAM	128MB (123MB available to user)	128MB (124MB available to user)	64MB (46MB available to user, 128MB RAM on A730w model)	64MB (55MB available to user)	128MB (?MB available to user)	64MB (55MB available to user)
ROM	64MB (28MB available to user)	64MB (24MB available to user)	64MB (29MB available to user)	128MB (80MB available to user)	64MB (20MB available to user)	128MB (80MB available to user)
Body	Plastic	Plastic	Plastic	Magnesium alloy	Shock resistant, drop proof, dust proof	Plastic
Battery	Removable 1640Ah lithium-ion	Removable 1320Ah lithium-ion	Removable 1100Ah lithium-ion	Removable 1800mAh lithium-ion	Removable 2300mAh lithium-ion	Removable 1100Ah lithium-ion
Extended Battery	unknown	2640mAh available	1800mAh available	3600mAh battery available	none	2200mAh available
Wi-Fi	802.11b	802.11b	None (802.11b on A730w model)	802.11b	802.11b	802.11b
Bluetooth	Bluetooth 1.2	Bluetooth 1.2	Bluetooth 1.1	Bluetooth 1.2	Bluetooth 1.2	Bluetooth 1.2
Infrared	IrDA (consumer infrared)	IrDA (115kbps)	IrDA (115kbps)	IrDA FIR (fast infrared)	IrDA 1.3 (4Mbps)	IrDA (115kbps)
CompactFlash	Type II card slot	Type II card slot	Type II card slot	Type II card slot	Type II card slot	Type II card slot
Secure Digital	SDIO, SD, and MMC	SDIO, SD, and MMC	SDIO, SD, and MMC	SDIO, SD, and MMC	SDIO, SD, and MMC	SDIO, SD, and MMC
Camera	1.3 megapixel with integrated flash	none	1.3 megapixel camera with integrated flash	None	None	None
Sync Methods	USB 1.1 and serial	USB (1.1?) and serial	USB 1.1 and serial(?)	USB 2.0 and serial	USB 1.1 and serial	USB 1.1
Navigation	5 way navigation button & jog dial	5 way navigation button & jog dial	5 way navigation button	Touchpad	5 way navigation button	5 way navigation button
Available Now	Yes (in Europe, not US)	Yes (in Europe Canada, and Japan, not US or UK)	Yes (in Asia and US)	Yes	No (Available from November in Japan)	Yes (in Europe Canada, and US)
Retail Price	about \$700	\$667	\$499.95	\$649.99	\$404.10	\$499

Tabela nº3: PDA's

Analisando a tabela nº3³ verificamos que todos os PDA's têm características muito similares entre si. Destacam-se alguns, por possuírem características que podem ser mais adequadas ao projecto, como câmara integrada, velocidade de processamento, memória, entre outras.

³ Referência bibliográfica 5

5. Equipas participantes no RoboCup

Nome da equipa	Processor Principal	Sistema Operação	Visão	Dof (°)	Actuadores	Arquitectura de Controlo
Abarenbou and DaoDan	Sony Clie PDA NR-70V 66MHz	Assembly	CMOS camera	17	Hitec and Futaba	Distribuído
Artisti Humanoid Team	VS-7054 board, SH2-7054 MCU@40MHz	Compilador	CMOS Camera OV7620 (OmniVision)	22	Sanwa Hyper ERG-VB	Centralizado
BreDoBrothers	Dell AximX50v and Fujitsu Siemens PocketLoox 720 PDA.	Microsoft Windows Mobile	LiveView FlyCam CF 1.3M	17	Kondo KRS-784ICS	Distribuído
Darmstadt Dribblers and Hajime Robots (3º prémio)	Fujitsu-Siemens Pocket PC 420 and Acer n50 Premium	Windows CE	Philips ToUCam Pro	24	Robotis Dynamixel DX117	Distribuído
Team Humboldt	PDA Fujitsu-Siemens Pocket Loox 720,	Microsoft Windows Mobile	Conrad CCD Color Cam,	21	Robotis Dynamixel AX-12	Distribuído
JEAP Team	PC 104 PNM-SG3, SH2	?? (UML)	CCD camera Quickcam	24	Robotis Dynamixel DX117	Distribuído
NiciCo	ATMega 128 16MHz	Compilador	CMU camera	18	KONDO, KRS-768 ICS	Distribuído
NimbRo (2º prémio)	Fujitsu Siemens Computers Pocket Loox 720	Microsoft Windows Mobile	Lifeview FlyCam 1.3M CF	19	Futaba S9152	Distribuído
Pioneros Mexico	ATMEL 89C52 24MHz	Assembly	CMU Camera	16	Futaba S3003 HITEC HS-5645MG	Centralizado
Robo-Erectus	SONY VAIO VGN-U8G 900MHz	Microsoft Windows	CMU Camera	23	Hitec HSR-5995TG Hitec HS-5945MG	Distribuído
RO-PE	Kontron MOPSlcd7-Mobile Intel Pentium III CPU	Microsoft Windows	Omni-Directional Vision System VS-C14N	17	Robotis Dynamixel DX117	Centralizado
KMUTT	ARM7 TDMI-S 60MHz	Compilador	CMUcam	22	HITEC HS5995TG	Distribuído
Team Osaka (1º prémio)	GeodeLX800 @ 0.9w 400MHz		Logicool usb omnidirectional camera	23	Robotis Dynamixel DX117	Distribuído
TH-MOS	MEGA128 8MHz	Compilador	Acroname, Inc. CMOS camera	20	KONDO KAGAKU	Distribuído
TKU	CycioneEP1C12F324C8 50MHz	Compilador	Digital compass CMOS sensor	24	KONDO KRS-2350ICS	Distribuído
Toin Phoenix	PowerPC 400MHz	Compilador	CMOS camera	19	Robotis Dynamixel DX117	Distribuído

Tabela nº4: Características das várias equipas participantes no RoboCup

Na tabela nº⁴ verificamos que os sistemas de operação mais utilizados são o *Windows* e sistemas compilados, as câmaras mais utilizadas são as omnidireccionais e as CMOS, os actuadores mais comuns são *Robotis Dynamixel* e os *Kondo* e, por fim, a arquitectura de controlo é normalmente distribuída.

⁴ Referência bibliográfica 8

6. As melhores soluções

De todas as soluções aqui apresentadas a mais relevante é a *nano-ITX*, pois esta é uma placa de dimensões muito reduzidas, de grande capacidade de processamento e memória, com todos os conectores standard e fixos na placa. As desvantagens da *nano-ITX* são o seu custo e a sua potência consumida.

A segunda melhor opção é o *AMD Geode LX800*, em versão mainboard ou PC 104 plus. A sua capacidade de processamento é menor do que a da *nano-ITX*, e as ligações terão que ser tiradas do barramento para interligar os periféricos, no entanto, compensa em termos de potência consumida, custo e nas vantagens subjacentes ao facto de ser uma PC 104 (se for esta a versão escolhida).

A terceira melhor opção é a *Intel XScale PXA270*, em versão mainboard ou PC 104 plus, tendo uma velocidade de processamento razoável, e todas as conexões para interligar os periféricos necessários ao projecto, sendo de baixo custo e baixa potência consumida.

7. Conclusão

As melhores soluções para a unidade central de processamento terão que ter um ambiente flexível e versátil para a programação desta. Este ambiente implica a utilização de um monitor, teclado e rato para a interacção com o utilizador e um sistema operativo para abstracção do hardware. Esta solução terá ainda que ter capacidades para o processamento das imagens vídeo e o controlo total de todas as juntas do humanóide assim como os parâmetros para essas juntas.

A *nano-ITX* da *VIA Technologies*, traz todo o software necessário para criar um ambiente flexível e versátil. Nas soluções *AMD Geode LX800* e *Intel XScale PXA270* também existe software disponível para a interacção com o utilizador e os diversos *device drivers*, para interligar os periféricos.

Em relação aos PDA's, destaca-se o *Fujitsu-Siemens Pocket Loox 720*. Apesar de os PDA's terem custos muito elevados para o projecto, tendo em conta que todas as funcionalidades existentes já estão configuradas e a correr sobre um sistema operativo, basta só criar um programa que interligue todos os dispositivos, que processe as imagens vídeo e controle o robô. Considerando estas capacidades todas chegamos à conclusão que pode ser uma boa alternativa.

É de notar que nenhuma das soluções apresenta a porta Firewire IEEE-1394; contudo, apesar deste inconveniente, todas as placas têm portas USB e através destas é possível, com adaptadores, ligar os diversos periféricos como câmaras de vídeo, *wireless pen's*, *bluetooth pen's* ...

8. Nota

Devemos ter em atenção que todos os dados para este relatório foram retirados da Internet, podendo existir dados que não correspondem fielmente à realidade.

9. Bibliografia

1. <http://www.compulab.co.il/>, Cumpulab, 27/09/2006
2. <http://www.arcom.com/>, Arcom, 27/09/2006
3. <http://www.embeddedARM.com/>, ARM, 28/09/2006
4. <http://www.via.com.tw/>, VIA Technologies, 28/09/2006
5. <http://www.vgapocketpc.com/>, Vga pocket PC, 25/09/2006
6. <http://www.ieiworld.com/>, IEI technology Corp, 25/09/2006
7. http://www.pc104.org/technology/plus_info.html, PC 104, 20/09/2006
8. <http://www.humanoidsoccer.org/teams.html>, RoboCup, 19/09/2006