

ROBOT HUMANOID CS8 (LEHER FLEKSIBEL)

MOHD IKHMIL FADZRIZAN BIN MOHD HANIF

Laporan Ini Dikemukakan Sebagai Memenuhi Sebahagian Daripada Syarat  
Penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Elektrik (Kawalan, Instrumentasi dan  
Automasi)

Fakulti Kejuruteraan Elektrik  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

Mei 2007

"Saya akui bahawa laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kesuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya."

Tandatangan

:  \_\_\_\_\_

Nama

: MOHD IKHMIL FADZRIZAN BIN MOHD HANIF

Tarikh

7 MEI 2007

## PENGHARGAAN

Segala puji bagi Allah Tuhan Sekalian alam, bersyukur saya kehadratNya kerana dengan limpah kurniaNya dapatlah laporan akhir projek sarjana muda ini disiapkan dengan jayanya dalam jangkamasa yang ditetapkan. Setinggi penghargaan ditujukan kepada penyelia projek yang budiman iaitu Encik Syed Najib bin Syed Salim diatas segala bimbingan dan tunjuk ajar yang amat berguna sepanjang saya melaksanakan projek ini. Semoga ia dapat memberikan suatu pengalaman yang amat bermakna kepada saya dalam menempuh hari-hari mendatang. Semoga tuhan merahmati beliau sekeluarga.

Tidak lupa juga kepada seluruh ahli keluarga, terutama kepada kedua ibu bapa saya diatas segala doa dan dorongan yang telah diberikan sehingga projek ini dapat disiapkan dengan sempurna. Tanpa kalian semua siapalah saya.

Seterusnya saya ingin merakamkan setinggi-tinggi terima kasih kepada semua rakan seperjuangan yang mengenali diri saya terutamanya kepada rakan serumah saya Nizam Abu Seman, Nashmal Mohmad Rozee, Najib Abu Mansor, Helmi Suid, Sofiuddin Khaidir, Ihsanuddin Hai Hom., Hazwan Rodzi, Munzir Sidek, Hafiszan Kamarulzaman dan Rhiyadh Khamshah diatas segala bantuan, dorongan serta sumbangan yang telah diberikan sepanjang saya melaksanakan projek ini. Semoga tuhan membalas jasa kalian semua

## Abstrak

Projek ini adalah berkaitan dengan kajian berkenaan robot humanoid yang bercirikan seakan manusia biasa. Bahagian yang dikaji dalam projek ini adalah pada bahagian leher dan kepala robot. Pergerakan kepala robot pada projek ini adalah seakan manusia biasa yang membolehkan ia berputar ke kiri dan ke kanan berdasarkan situasi yang telah ditetapkan. Matlamat utama projek ini adalah untuk menggabungkan bahagian leher dan kepala robot yang telah siap dibina dengan bahagian badan untuk membentuk robot yang lebih sempurna. Untuk menggerakkan kepala robot ini, penggunaan PIC akan diaplikasikan dalam projek ini, dimana PIC akan menyimpan segala set arahan yang digunakan untuk menggerakkan robot mengikut set arahan yang telah ditetapkan. Motorservo adalah penggerak yang akan digunakan pada projek ini untuk memastikan kepala robot ini mampu untuk berputar ke kiri dan ke kanan dengan lancar setelah menerima maklumat daripada PIC. Penggunaan pengesan ultrasonik digunakan sebagai masukan kepada PIC untuk menggerakkan motorservo berdasarkan aturcara yang telah ditetapkan. Pengesan ultrasonik ini digunakan untuk mengesan kehadiran pergerakan objek atau halangan yang menghampiri robot. Setelah pengesan ultrasonik mengesan pergerakan objek atau halangan, masukan akan diberi kepada PIC dan seterusnya menggerakkan motorservo berdasarkan arahan yang telah ditetapkan. Apabila segala pergerakan robot telah ditetapkan, maka bahagian kepala dan leher robot ini akan digabungkan dengan bahagian lain diakhir projek ini, untuk membentuk robot humanoid yang sempurna.

## Abstract

This project is a research about a humanoid robot that is act like a human being. The part, that has to be research for this project is head and neck of the robot. The movement of the head is like a human being that can turn left or right depends on the situation. The aim of this project is to combine the head and neck that has been ready made with body part of the robot to create a robot that is more perfect. In order to make a movement of the robot head, PIC will be apply in this project, where the use of PIC is to save the entire program that is use to make a movement of the robot. Servomotor is an actuator that will be used in this project to ensure that the head of the robot can turn left or right smoothly after it has receive an information from PIC. Ultrasonic sensor is a device that has be used on this project as input to the PIC. The use of ultrasonic sensor is to detect the movement of object or obstacle that coming to the robot. An input will be send to the PIC and move the servomotor to the direction that have been declared after ultrasonic sensor has detects the movement of object or obstacle,. After all the movements have been confirmed, the head and neck of the robot will be combined with other part of the robot to create a perfect humanoid robot.

2.5	Kajian 5 (Evolusi Robot)	26
2.6	TEORI	28
2.6.1	Rumus-rumus yang digunakan	28
2.6.2	PIC (Peripheral Interface Controller)	35
2.6.3	Litar Pengesan Gerakan Ultrasonik	40
2.6.4	Litar Pengesan Halangan Ultrasonik	43
2.6.5	Litar Pengatur Sumber Kuasa Voltan	45
2.6.6	Papan Litar Bercetak (PCB)	48
2.6.7	Motorservo	51
<b>III</b>	<b>KAEDAH PERLAKSANAAN PROJEK (METODOLOGI)</b>	
3.1	Perjalanan Keseluruhan Projek	52
3.2	Penerangan serta carta alir setiap fasa dan bahagian projek	55
3.3	Kaedah Perlaksanaan Pergerakan Kepala Robot	61
3.4	EKSPERIMEN	64
3.4.1	Eksperimen 1 ( Membina dan menguji penghantar dan penerima pengesan ultrasonik)	64
3.4.2	Eksperimen 2 (Menguji litar PIC)	65
3.4.3	Eksperimen 3 (Menguji kemampuan motor)	65
3.4.4	Eksperimen 4 (Membina dan menguji aturcara robot dengan perisian MikroC dan Proteus)	66

<b>IV</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	
4.0	Keputusan	67
4.1	Keputusan Eksperimen	67
4.2	Perkakasan	75
4.3	Penerima Menerima Isyarat daripada Penghantar	77
4.4	PIC menerima isyarat daripada penerima	79
4.5	Pergerakan kepala robot	82
4.6	Perisian	83
4.7	Melaksanakan aturcara pada perkakasan robot	85
4.8	Simulasi	87
4.9	Kos perbelanjaan yang telah dilakukan	91
4.10	PERBINCANGAN	92
<b>V</b>	<b>CADANGAN DAN KESIMPULAN</b>	
5.1	Kesimpulan	93
5.2	Cadangan	95
	<b>RUJUKAN</b>	96
	<b>LAMPIRAN</b>	97
	Lampiran A (Berkaitan BAB 2)	98
	Lampiran B (Berkaitan BAB 4)	108
	Lampiran C (Data-data PIC 16F877A)	111
	Lampiran D (Data-data Pengesan Ultrasonik)	119

## SENARAI RAJAH

NO	TAJUK	HALAMAN
2.1	Robot Manusia GuRoo	5
2.2	Proses Merekabentuk Struktur Mekanikal	8
2.3	Lokasi dan pemutaran setiap darjah kebebasan pada sendi	9
2.4	Motor Maxon	9
2.5	Motorservo HiTec	10
2.6	Lakaran struktur pengayunan kaki	10
2.7	Kawalan motor berkuasa tinggi	12
2.8	PDA Compaq iPAQ	13
2.10	Simulasi awal dan aplikasinya	14
2.11	Contoh simulasi pergerakan robot berdiri dengan satu kaki	15
2.14	Gambarajah Blok Kawalan	20
2.22	PIC16F877A	33
2.24	Litar pengesan gerakan ultrasonik	37
2.26	Gelombang yang terhasil pada litar pengesan gerakan ultrasonik	38
2.28	Litar pengatur sumber kuasa voltan	42
2.29	Contoh Regulator yang terdapat di pasaran	42
2.31	Contoh Papan Litar Bercetak (PCB)	45
2.36	Gambarajah sebenar motorservo	48
2.37	Gambarajah lukisan motorservo	48
3.1	Carta Alir Perjalanan Keseluruhan Projek	50
3.2	Carta Alir menghasilkan Litar PIC	51
3.3	Carta Alir menghasilkan Litar PIC	52
3.4	Carta Alir mengkaji motorservo	53
3.5	Carta Alir membina struktur robot	54
3.6	Carta Alir mengkaji PIC	55
3.7	Carta Alir mengenalpasti masalah	56
3.8	Carta Alir Pergerakan Kepala Robot	58
4.1	Lakaran awal kepala dan leher robot	69
4.2	Gambarajah kepala robot	69
4.3	Gambarajah leher robot	70
4.4	Perkakasan kepala dan leher robot yang telah siap dibina	70
4.5	Kepala dan leher robot yang telah siap disambung dengan badan	70
4.7	Carta Keseluruhan robot humanoid CS8	73



4.8	Sambungan komputer dengan PCB PIC16F877A	76
4.9	Perisian MikroC	77
4.10	Perisian ICProg	77
4.12	Litar PIC 16F877A serta litar RS232	78
4.14	Litar Simulasi Proteus	80
4.15	Gelombang keluaran pada PORTB	81
4.16	Kedudukan motorservo pada leher robot	82

**SENARAI JADUAL**

<b>NO</b>	<b>TAJUK</b>	<b>HALAMAN</b>
2.1	Jadual ciri-ciri yang ada pada PIC16F877A	34
2.2	Carta Pengatur Sumber Kuasa Voltan	43
4.1	Pergerakan robot	72
4.2	Kod arahan yang digunakan untuk menggerakkan kepala robot	74
4.3	Pergerakan keseluruhan bahagian robot	75
4.4	Pergerakan sudut serta kod arahan yang akan diaplikasi pada motorservo	81
4.5	Kod arahan desimal dan binari bagi sudut $-90^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$	82
4.6	Kos perbelanjaan yang dikeluarkan	83
4.7	Carta Gantt	84

## SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	NO	TAJUK	HALAMAN
	2.9	Pembinaan struktur rangkaian kawalan	90
	2.12	Graf sinusoidal dan rumus yang digunakan	90
	2.13	Unit pengukuran elektronik inersia	90
	2.17	Litar CERBERES	91
	2.18	Gambarajah menunjukkan inframerah dipantul dan diterima oleh modul penerima	91
	2.19	CERBERES	92
	2.20	Pandangan atas CERBERES	92
	2.21	Pandangan sisi CERBERES	92
	2.23	Pin-pin pada PIC16F877A	93
	2.25	Carta alir pengoperasian litar pengesan gerakan Ultrasonik	94
	2.27	Skematik Litar Pengesan Halangan Ultrasonik	95
	2.30	Gabungan litar yang wujud didalam regulator	95
	2.32	Papan litar bercetak (PCB)	96
	2.33	Litar Penuh PCB	96
	2.34	Lapisan atas PCB	97
	2.35	Lapisan bawah PCB	97
B	4.6	Cara-cara gelombang yang terhasil pada litar pengesan gerakan ultrasonik	98
	4.11	Litar Skematik PIC	99
	4.13	Aturcara keseluruhan pergerakan robot	100
C		Data-data PIC16F877A	104
D		Data-data Pengesan Ultrasonik	112

**SENARAI SINGKATAN**

EPROM – Erasable Programmable Read Only Memory  
IR LED – Infrared Light Emitter Diode  
I/O – Input Output  
IC – Integrated Circuit  
LED – Light Emitter Diode  
PIC – Peripheral Interface Controller  
PCB- Printed Circuit Board  
PWM – Pulse Width Modulator  
RAM – Random Access Memory  
ROM – Read Only Memory  
RLY – Relay  
TD – Transducer  
VREF – Voltage Reference  
WCR – Wall climbing robot  
WDT – Watchdog Timer

## BAB I

### PENGENALAN

Dalam bab ini, maklumat am mengenai Projek Sarjana Muda (PSM) ini akan diterangkan serba sedikit. Ini adalah bertujuan untuk memastikan penerangan yang asas tentang projek ini dapat diperolehi. Perkara-perkara utama yang akan dinyatakan disini ialah:

1. Latar Belakang Projek
2. Objektif Projek
3. Skop Projek
4. Penyataan Masalah
5. Susunan Laporan Projek

#### 1.1 Latar Belakang Projek

Robot humanoid CS8 atau *CS8 Humanoid Robot* yang dihasilkan pada projek ini adalah bertujuan untuk mempelajari serta mengaplikasi bagaimana sesebuah robot humanoid itu dihasilkan. Sebelum ini kita hanya mendengar serta melihat sahaja robot humanoid yang telah berjaya dihasilkan sebelum ini seperti ASIMO, ROBOSAPIEN, GuRoo dan lain-lain lagi dipamerkan kepada umum. Kemampuan robot humanoid ini untuk melakukan pergerakan serta aksi yang seakan manusia biasa telah menimbulkan rasa kagum dan tanda tanya bagaimana robot humanoid ini dihasilkan. Oleh sebab itu, idea untuk melakukan kajian serta membuat sendiri robot humanoid ini telah tercetus dan menyebabkan terhasilnya projek robot humanoid yang dikenali sebagai robot humanoid CS8. Untuk menghasilkan robot humanoid ini, perancangan awal dan rapi perlu dilakukan bagi memastikan projek ini berjaya. Penggunaan perkakasan dan perisian yang sesuai perlu dikenalpasti, serta

penggabungan antara keduanya perlu dilakukan bagi menghasilkan robot yang mampu bergerak seakan-akan manusia biasa.

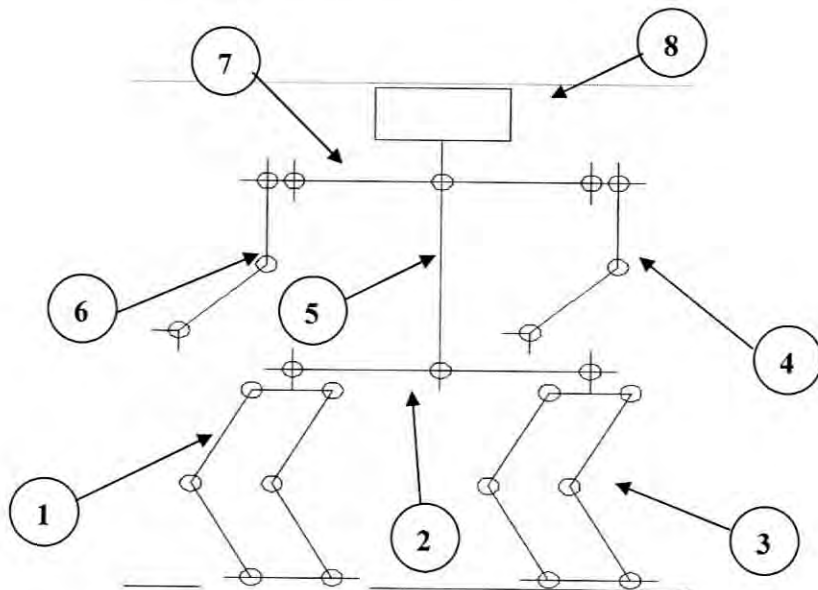
Nama CS8 pada robot ini membawa maksud:

C- *Controlling* (Kawalan)

S- *Structure* (Struktur)

8- *8 part of robot* (8 bahagian robot) iaitu:

- (1) kaki kanan
- (2) kaki kiri
- (3) tangan kanan
- (4) tangan kiri
- (5) pinggang
- (6) bahu
- (7) badan
- (8) kepala dan leher



Rajah 1.1: Gambarajah menunjukkan 8 bahagian robot

## 1.2 Objektif Projek

Objektif projek ini ialah untuk, membangunkan struktur robot yang seakan-akan manusia. Untuk itu, penghasilan struktur binaan fizikal robot yang berbentuk seperti leher dan kepala robot, serta penghasilan pergerakan leher dan kepala robot yang seakan sifat manusia dilaksanakan. Pemahaman yang mendalam mengenai PIC serta cara mengaplikasinya adalah perlu untuk membina aturcara bagi menghasilkan pergerakan robot ini. Untuk menghasilkan pergerakan robot yang lancar, pemahaman serta kajian terhadap konsep motorservo perlu dilakukan serta dikawal pergerakannya ini adalah kerana, motorservo adalah penggerak utama yang digunakan dalam projek ini.

## 1.3 Skop Projek

Pada projek ini perkara-perkara berikut akan dilakukan bagi memastikan objektif projek yang dinyatakan sebelum ini tercapai iaitu, membina struktur fizikal robot (*hardware*) serta menetapkan kedudukan motorservo pada leher robot. Setelah itu, penggunaan litar pengatur sumber kuasa voltan perlu diaplikasikan untuk menggerakkan motorservo. Penggunaan litar pengesan gerakan ultrasonik juga digunakan untuk mengesan pergerakan objek atau halangan dan bertindak sebagai mata robot. Penggunaan litar PIC juga diaplikasikan yang akan berfungsi untuk menggerakkan motorservo yang telah diletakkan pada leher robot serta mengaplikasikan aturcara yang digunakan untuk membuat pergerakan kepala robot. Akhirnya pergerakan yang seakan pergerakan kepala manusia biasa terhasil.

#### 1.4 Penyataan Masalah

Diketahui bahawa segala robot yang dipelajari sebelum ini adalah daripada jenis yang telah siap dibina (*ready made*) dan hanya perlu digunakan sahaja oleh para pelajar. Sebagai pelajar BEKC yang mengambil kursus kawalan, instrumentasi dan automasi, adalah dirasakan perlu untuk mengetahui bagaimana sesebuah robot itu dihasilkan. Oleh sebab itu, pada projek ini, pemahaman serta kajian struktur binaan asas serta dalaman sesuatu robot akan dilakukan dan merekabentuknya.

#### 1.5 Susunan Laporan Projek

Bab pertama laporan projek ini, memberi penerangan asas tentang projek yang akan dilakukan dimana, ianya meliputi latar belakang projek, objektif projek, skop projek serta penyataan masalah. Bab kedua pula menerangkan tentang kajian-kajian literatur iaitu kajian projek yang telah dilakukan sebelum ini serta menerangkan tentang teori yang digunakan untuk melaksanakan projek. Penerangan tentang litar serta komponen yang digunakan juga akan diterangkan dalam bab kedua ini. Bab ketiga menerangkan tentang kaedah serta cara pelaksanaan projek (metodologi) iaitu, kaedah untuk melaksanakan projek. Bab keempat menerangkan tentang keputusan dan perbincangan dimana penerangan tentang ujian serta keputusan yang diperolehi akan diterangkan. Bab kelima pula menerangkan tentang kesimpulan serta cadangan dimana, cadangan akan diutarakan untuk memajukan serta membangunkan lagi projek ini. Lampiran A pada projek ini menunjukkan gambarajah yang dibuat pada bab kedua. Lampiran B pula menunjukkan gambarajah yang dibuat pada bab keempat, lampiran C pula menunjukkan data-data untuk PIC 16F877A yang digunakan pada projek ini. Manakala Lampiran D menunjukkan data-data untuk pengesanan ultrasonik yang digunakan pada projek ini.



## BAB II

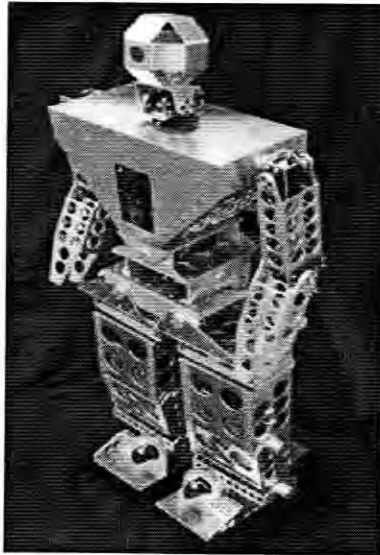
### KAJIAN LITERATUR

Bab ini menerangkan tentang projek-projek terdahulu yang telah berjaya dilakukan. Kajian tentang projek-projek terdahulu adalah penting agar idea untuk melaksanakan projek ini diperolehi. Projek-projek yang telah dilaksanakan ini penting untuk mendapatkan idea bagi menghasilkan leher dan kepala robot. Bab ini juga menerangkan tentang teori-teori yang digunapakai seta komponen dan litar yang akan diaplikasikan didalam projek. Sumber bagi kajian ini diambil daripada kertas kerja, buku serta internet. Oleh itu, pengalihan bahasa telah dibuat untuk laporan ini. Terjemahan serta ringkasan telah dibuat daripada ayat dan perkataan asal kertas kerja, buku serta laman web tersebut.

#### 2.1 Kajian 1

Tajuk: Robot Humanoid Guroo

Projek ini dilakukan oleh Sekolah Kajian Maklumat dan Kejuruteraan Elektrik, Universiti Queensland.



Rajah 2.1: Robot Humanoid GuRoo<sup>[6]</sup>

Guroo adalah sebuah robot humanoid dengan ketinggian 1.2m dan mempunyai berat sebanyak 38kg. Ia telah dihasilkan di Makmal Robotik Bergerak di Sekolah Kajian Maklumat dan Kejuruteraan Elektrik, Universiti Queensland. Ia digunakan untuk kajian pada sejumlah besar perbezaan yang wujud iaitu kemampuan kestabilan, interaksi antara robot dan manusia serta pembelajaran mesin yang digunakan.

Projek robot humanoid GuRoo kini sudah memasuki tahun ke-3 penghasilannya. Tahun 2003 telah menjadi suatu tahun yang sibuk untuk projek GuRoo. Oleh kerana banyak pertunjukkan yang perlu dilakukan, ia telah menyebabkan banyak perubahan serta peningkatan teknologi telah dilakukan pada robot ini.

Sekali lagi, pihak universiti telah melakukan persembahan yang begitu terkenal, dengan lebih 30 buah sekolah telah melawat makmal kumpulan robot ini, untuk melihat persembahan yang dilakukan oleh GuRoo dan Roboroos iaitu robot yang bersaiz kecil. Persembahan ini diharap dapat memupuk minat dikalangan anak remaja, dan seterusnya bercita-cita untuk menjadi seorang jurutera robot pada masa hadapan.

Terdapat beberapa kajian projek yang perlu dilakukan untuk menghasilkan robot humanoid GuRoo ini iaitu:

### 1) Kawalan CMAC

Diketahui bahawa, terdapat beban yang wujud pada setiap sendi robot humanoid semasa setiap sendi itu boleh berubah-ubah dan bebas bergerak disebabkan oleh magnitud yang diberi. Sebagai contoh, beban yang dilihat pada buku lali semasa fasa ayunan adalah tidak bergantung antara satu sama lain jika dibandingkan beban semasa yang berlaku pada buku lali yang sama apabila ia berdiri dengan sendiri dan bergerak. Dapat dilihat bahawa, teknik kawalan maklumbalas yang diaplikasikan tidak berfungsi dengan sempurna dalam mengurangkan kesilapan semasa ia bergerak dan ia tidak meliputi keseluruhan sistem apabila ia bergerak. Oleh itu, kajian ini adalah untuk mengkaji penambahan yang perlu dilakukan untuk menyesuaikan sistem kawalan yang dihasilkan daripada rekabentuk serebelum (cerebellar) untuk meningkatkan tindak balas sistem. Rekabentuk serebelum (cerebellar) ini menerangkan bagaimana untuk membetulkan perubahan yang wujud pada beban semasa ia bergerak.

### 2) Keseimbangan

Unit ukuran Inertia (eIMU) telah digunakan pada robot ini dan diaplikasikan diantara kedua matanya. Ini adalah untuk menyerupai struktur dalaman telinga manusia yang berfungsi sebagai pusat kawalan keseimbangan manusia. Unit ukuran Inertia (eIMU) ini boleh menghasilkan ukuran yang pelbagai termasuk ukuran 3 paksi linear dan ketepatan sudut. Sistem kawalan suapbalik telah digunakan untuk mengekalkan kecenderungan tangan dan kaki pada paksi 'x' dan 'y' semasa mengalami gangguan luaran. Kajian juga dilakukan untuk menggunakan sistem suapbalik ini semasa robot berjalan.

### 3) Kawalan Sendi

Litar kawalan terkini yang digunakan adalah berusia 2 tahun dan akan meningkat dari tahun demi tahun. Kawalan terbaru yang telah digunakan sekarang telah ditukar

dari Texas Instrument DSP kepada pemproses Motorola. Pemproses MCH68HC376 dipilih kerana ia mempunyai 16 saluran TPU yang sesuai untuk kawalan motor yang banyak. Penggabungan H-Bridge yang lama adalah tidak begitu cekap dan telah ditukar dengan penyelesaian yang lebih canggih. Ini telah meningkatkan kecekapan kawalan secara mendadak dan dapat menyingkirkan haba.

#### 4) Rekabentuk Kaki

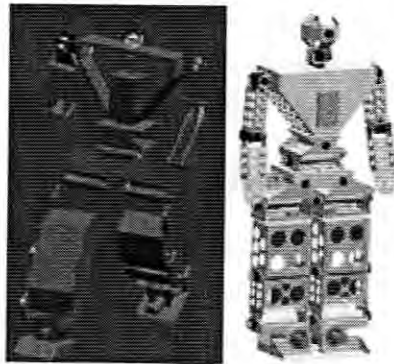
Rekabentuk kaki untuk GuRoo telah diubah dan direka beberapa kali. Kaki mekanikal yang bagus adalah sangat penting pada robot humanoid, kerana kaki bertindak sebagai bahagian sendi yang berinteraksi dengan permukaan tanah. Kaki robot yang digunakan kini akan meningkatkan kemampuan robot dengan penambahan lapisan pelembapan getaran pada tapak kaki robot. Sebagaimana pengesanan yang digunakan untuk mengukur pusat tekanan.

#### 5) Sistem Penglihatan

Sistem penglihatan selalunya mampu untuk mengambil imej yang berasingan untuk menghasilkan penglihatan yang normal pada litar pemproses. Sistem penglihatan ini telah ditingkatkan kemampuannya kepada penglihatan stereo dengan segmen warna, pengesanan objek dan lokasinya akan diaplikasikan pada litar sistem penglihatan Hitachi SH4. Rekabentuk kawalan mekanikal yang baru juga adalah dalam proses pembikinan dimana ia akan digunakan pada masa terdekat ini.

### 2.1.1 Spesifikasi GuRoo

#### 1) Mekanikal



Rajah 2.2: Proses merekabentuk struktur mekanikal<sup>[6]</sup>

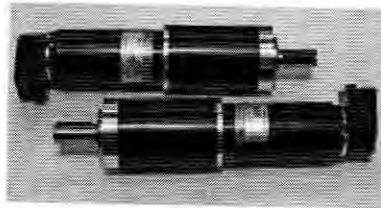
GuRoo telah dirancang dan direkabentuk mengikut saiz kanak-kanak yang berusia 6 tahun. Dengan ketinggian menghampiri 1.2m, robot ini mampu untuk berinteraksi dengan keadaan persekitaran manusia biasa seperti permukaan bangku dan tombol pintu. Rekabentuk mekanikal GuRoo ini telah dibangunkan pada Mac 2001 sebagai projek pelajar ijazah sarjana muda. Perisian SolidEdge, iaitu model lengkap 3D telah digunakan untuk membuat lakaran awal pada semua bahagian robot sebelum membinanya seperti yang ditunjukkan pada rajah 2.2. Pembinaan struktur fizikal robot ini mengambil masa 1 tahun. Seperti yang dilihat pada gambarajah, robot GuRoo ini menggunakan plat aluminium dalam membentuk struktur fizikalnya. Robot ini menggunakan hampir 500 kombinasi ribet dan skru. Struktur fizikal robot ini telah dibentuk dengan teliti untuk mengurangkan beban yang ditanggungnya serta meningkatkan pengaliran udara yang baik pada motor dan peralatan elektronik yang lain.

## 2) Elektro-Mekanikal



Rajah 2.3: Lokasi dan Pemutaran setiap darjah kebebasan pada sendi<sup>[6]</sup>

Sebagai usaha untuk menyerupai struktur badan manusia, GuRoo telah dibina dengan menggunakan 23 darjah kebebasan (DoF). Lokasi dan pemutaran setiap darjah kebebasan ini dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada rajah 2.3. Penggerak yang dipilih adalah berdasarkan nilai tork yang tinggi serta kombinasi kelajuan yang perlahan untuk menyesuaikan dengan pergerakan normal seseorang manusia. Sebagai tambahan, tiada sendi yang digunakan untuk membuat satu putaran lengkap. Robot GuRoo ini berketinggian 1.2m dan mempunyai berat sebanyak 38kg termasuk bateri yang digunakan.



Rajah 2.4: Motor Maxon<sup>[6]</sup>

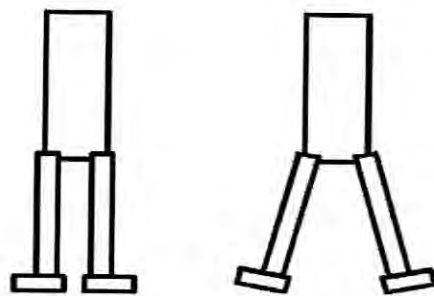
Kuasa yang tinggi diperlukan oleh anggota badan yang rendah serta tulang belakang dengan menggunakan motor arus terus (DC motor). Mengambil kira faktor kos serta kemudahan untuk mengaplikasinya, semua sendi pada bahagian anggota yang rendah menggunakan motor atau kombinasi gear yang sama. Motor siri Maxon RE32 seperti yang pada rajah 2.4 menunjukkan motor ini mempunyai kuasa 32V serta kombinasi seramik 156:1 serta kecekapan 72%, dan gear digunakan. Keluaran daya kilas maksimum yang dihasilkan adalah 10Nm dengan kelajuan maksimum

5.3rad/s pada penggunaan arus 2amp. Daya kilas maksimum yang dibenarkan secara bersela adalah 22.5Nm pada arus 4A. Ukuran motor ditentukan dengan kelebaran kaki GuRoo. Dengan keberatan sebanyak 0.85kg/motor atau kombinasi gear, motor yang mempunyai kuasa yang tinggi menghasilkan 33% dari jumlah keseluruhan berat robot.



Rajah 2.5: Motorservo HiTec<sup>[6]</sup>

Kuasa yang rendah, berat yang kurang serta kemudahan sistem pengawalan adalah faktor untuk memilih penggerak bagi bahagian anggota badan yang tinggi. Motorservo RC yang digunakan adalah Hi-Tech HS705-MG seperti yang ditunjukkan pada rajah 2.5, yang mempunyai kemampuan keluaran daya kilas 1.4Nm dengan kelajuan 5.2rad/s serta kuasa 5V. Pada asasnya kotak gear logam ini membenarkan perbandingan keluaran daya kilas yang besar daripada kotak gear yang kecil. Setiap motorservo ini mempunyai berat 0.125kg. Setiap motor mempunyai sistem kawalan suap balik didalamnya, tetapi tidak memberi tindakbalas pada sistem kawalan utama GuRoo. Motorservo digital yang memberikan daya kilas tambahan serta ketepatan, telah digunakan pada bahagian kepala dan leher.



Posisi tidak bergerak    Posisi bergerak

Rajah 2.6: Lakaran struktur pengayunan kaki

Jika robot tidak dibekalkan kuasa dan diangkat kakinya daripada tanah, kaki tersebut berayun secara bersahaja secara serentak. Ini disebabkan oleh pusat jisim pada kaki telah berada diluar daripada garisan sendi pinggang. Sebagai tambahan, spring yang mampu diputarkan dengan nilai spring tersebut ialah 1Nm/darjah telah diletakkan selari dengan penggerak pada pinggang. Daya kilas tambahan pada spring juga mengurangkan tekanan yang wujud pada pinggang motor semasa ia bergerak dan mengalami fasa sokongannya sendiri. Perkara ini dapat ditunjukkan seperti rajah 2.6.

Seperti yang diketahui, GuRoo hanya boleh mempunyai pergerakan seakan-akan manusia. Apa yang paling ketara adalah, tulang belakang yang mempunyai kemampuan untuk melentur yang direka seakan-akan sebenarnya. Diketahui bahawa terdapat 24 tulang vertebra sepanjang tulang belakang manusia yang membenarkan pergerakan yang mempunyai kemampuan untuk melentur terhasil. Ini tidak seperti yang ada pada robot GuRoo yang hanya mempunyai 3 aktuator ortogon. Sendi yang boleh berputar juga wujud pada pinggang dan bahu manusia untuk pergerakan yang kompleks daripada pergerakan yang biasa. Berdasarkan pergerakan penggerak ini, adalah sukar untuk mengaplikasikan pergerakan seperti ini. Sebaliknya kehadiran darjah kebebasan (DoF) yang banyak pada robot telah mencapai sambungan pergerakan yang dikehendaki walaupun sedikit. Kesemua darjah kebebasan (DoF) ini adalah ortogon apabila pada keadaan posisi ia berdiri.

### 3) Bekalan Kuasa

Robot GuRoo ini dibekalkan dengan dua pek bateri NiCad dengan kuasa 42V 1.5Ah serta dua pek bateri NiCad dengan kuasa 7.2V 1400mAh yang diletakkan pada setiap papan litar. Bateri NiCad dengan kuasa 42V ini digunakan secara selari sebagai sumber kuasa pada motor, manakala dua pek bateri NiCad dengan kuasa 7.2V digunakan untuk membekalkan kuasa pada motorservo serta litar logik kawalan. Penggunaan dua sumber kuasa yang berbeza untuk dua tujuan yang berbeza, telah menghalang bunyi bising daripada terjadi yang berpunca daripada pergerakan motor