

**AUGUSTO NAVARRO
CAROLINA FERREIRA HOFF DOS SANTOS**

Nota final
9,0 (nove)
WAM

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DE ESPELHOS
RETROVISORES PARA AUTOMÓVEIS**

Monografia do Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado a Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Engenheiro
Mecatrônico.

**Orientador:
Prof. Dr. Lucas Antônio Moscato**

**SÃO PAULO
2005**

**AUGUSTO NAVARRO
CAROLINA FERREIRA HOFF DOS SANTOS**

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO DE ESPELHOS
RETROVISORES PARA AUTOMÓVEIS**

**Monografia do Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado a Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Engenheiro
Mecatrônico.**

**Orientador:
Prof. Dr. Lucas Antônio Moscato**

**SÃO PAULO
2005**

AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador Dr. Lucas Moscato, que esteve presente em todas as etapas do projeto e desde o início apostou em nossa idéia, nos incentivando em momentos de impasse no trabalho.

E aos nossos familiares, pela paciência e compreensão demonstradas durante todo o período em que estivemos absortos na elaboração e no desenvolvimento do projeto. Em especial a Odair Navarro, que conosco perdeu algumas boas horas de sono na finalização do trabalho.

Ao grande amigo Mussi, funcionário da empresa RCI, pela participação decisiva para que o projeto se concretizasse.

Ao engenheiro Nilson Noris Franceschetti, por todo auxílio prestado.

RESUMO

Este projeto consiste na automação dos espelhos central e laterais de automóveis.

Para os espelhos laterais o mecanismo de acionamento utilizado é equivalente aos existentes no mercado, estando a diferença apenas no tipo de motor utilizado. Quanto ao espelho central, por não haver produto equivalente no mercado automobilístico, é desenvolvido um particular mecanismo de acionamento.

Com o auxílio de um joystick, similar ao usado hoje em espelhos laterais eletrônicos, o usuário define as posições dos três espelhos, e pode registrá-las na memória. Uma vez registradas, não será mais preciso ajustá-las, bastando acessar a memória e os espelhos são ajustados automaticamente.

A lógica de acionamento e interpretação dos dados provenientes da interface com o usuário ~~é~~ são realizadas por um microcontrolador. Para o acionamento dos motores que movimentam os espelhos, é desenvolvido um driver de acionamento, que através de uma lógica de reles permite acionar todos os motores, alternadamente, com um único circuito.

O projeto visa o desenvolvimento de um produto, e, portanto, leva em consideração questões como tamanho, estética e custo.

ABSTRACT

This project is related with the automatization of the doors mirrors and dimming one.

The doors mirrors' mechanism will be the same as the ones it's been in automotive business, the only difference will be the kind of motor to be used. As for dimming mirror, as there aren't any kind of this product in business, will be develop a particular set mechanism.

With the support of a joystick, same as the one used in electronics doors mirrors, the user define the mirror's position, with the possibility to memorize them.

Once registered, it'll not be necessary to regulate them again, just have to set the memory and the mirrors will regulate automatically.

The project won't be concentrate only in the set mechanism solution, all esthetic part, hardware and software ones, will be develop as well.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Divisão de Projeto.....	3
2.1 Mecanismos.....	3
2.2 Hardware.....	4
2.3 Software	4
3. Mecanismos.....	6
3.1 Mecanismos de Açãoamento dos Espelhos Laterais.....	6
3.2 Escolha dos Motores de Açãoamento.....	7
3.3 Mecanismos de Açãoamento do Espelho Central.....	18
4. Hardware.....	42
4.1 Hardware de Controle.....	42
4.2 Hardware de Açãoamento.....	49
5. Software de Controle.....	53
5.1 Interface com usuários.....	53
5.2 Fluxogramas.....	53
5.3 Programação.....	57
6. Conclusão.....	58
Referencias Bibliográficas.....	59
Anexo A: Código Fonte.....	60
Anexo B: Data Sheets.....	76
Anexo C: Lista de peças para Hardware.....	90
Anexo D: Desenhos de Fabricação.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: interface	1
Figura 3.1: mecanismo de acionamento.....	6
Figura 3.2: mecanismo de acionamento.....	6
Figura 3.3: motores de passo.....	7
Figura 3.4: variações de tamanho e potência de motores de passo.....	8
Figura 3.5: intervalos de torque de acordo com os tamanhos dos motores.....	9
Figura 3.6: motores 10S a 25L.....	9
Figura 3.7: motores 35S a 55L.....	10
Figura 3.8: tempo de saturação da temperatura do enrolamento do motor.....	11
Figura 3.9: faixa de valores de resistência para cada tamanho de motor.....	11
Figura 3.10: combinação de tamanho de motor e material magnético utilizado.....	12
Figura 3.11: inércia padrão para cada tamanho de motor.....	12
Figura 3.12: dimensões padrão.....	13
Figura 3.13: drive unipolar	14
Figura 3.14: drive bipolar.....	14
Figura 3.15: diagrama de fios.....	14
Figura 3.16: motores 20 e 25.....	15
Figura 3.17: motores 35, 42 e 55.....	15
Figura 3.18: representação amplificada do mecanismo de movimentação.....	17
Figura 3.19: equilíbrio de forças nos espelhos laterais.....	17
Figura 3.20: espelho central – eixo de coordenadas fixo ao veículo.....	18
Figura 3.21: rotação em torno de Y.....	19
Figura 3.22: rotação em torno de z.....	19
Figura 3.23: rotações em torno de Y e Z.....	19
Figura 3.24: volume de alcance.....	20
Figura 3.25: sistemas de coordenadas fixo e móvel.....	20
Figura 3.26: sistema de coordenadas solidário ao espelho.....	20
Figura 3.27: rotação em torno de Y.....	21

Figura 3.28: translação da origem do sistema de coordenadas.....	22
Figura 3.29: esquema representativo do mecanismo central.....	25
Figura 3.30: haste móvel.....	25
Figura 3.31: vista lateral representativa do mecanismo central.....	26
Figura 3.32: detalhe da geometria lateral.....	26
Figura 3.33: vista representativa do mecanismo.....	27
Figura 3.34: vista superior representativa.....	27
Figura 3.35: características geométricas na vista lateral.....	28
Figura 3.36: geometria corretiva para dimensional.....	29
Figura 3.37: características dimensionais.....	31
Figura 3.38: posição do usuário em relação ao espelho.....	31
Figura 3.39: campo de visão do usuário – vista lateral.....	32
Figura 3.40: detalhe de campo de visão do usuário – vista lateral.....	33
Figura 3.41: campo de visão do usuário – vista superior.....	33
Figura 3.42: detalhe de campo de visão do usuário – vista superior.....	33
Figura 3.43 solicitações atuantes na barra.....	34
Figura 3.44: diagrama de esforços atuantes.....	34
Figura 3.45: secção transversal.....	35
Figura 3.46: gráfico da tensão atuante na barra em função da posição.....	37
Figura 3.47: desenho 3D do mecanismo projetado.....	38
Figura 3.48: características dimensionais das engrenagens.....	38
Figura 3.49: esquema de engrenagens 1.....	39
Figura 3.50: esquema de engrenagens 2.....	40
Figura 4.1: Unidade Reguladora.....	42
Figura 4.2: Unidade de Controle.....	44
Figura 4.3: Layout PCI de controle.....	44
Figura 4.4: top layer.....	45
Figura 4.5: bottom layer.....	45
Figura 4.6: ilustração do PIC.....	46
Figura 4.7: Chaves.....	47
Figura 4.8: Conectores PCI – cabo.....	48

Figura 4.9: CI.....	48
Figura 4.10: encapsulamento 0805.....	48
Figura 4.11: Unidade Reguladora.....	49
Figura 4.12: Unidade Comutadora.....	49
Figura 4.13: Unidade de açãoamento.....	50
Figura 4.14: layout PCI de açãoamento.....	50
Figura 4.15: Top layer.....	51
Figura 4.16: Rele.....	51
Figura 4.17: L6228.....	52
Figura 5.1: fluxograma geral do software de controle.....	55
Figura 5.2: fluxograma detalhado.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: crescimento da temp. do enrolamento por unidade de Watt fornecida.....	10
Tabela 3.2: relação entre temperatura da superfície e do enrolamento do motor.....	10
Tabela 3.3: dimensões padrão.....	13
Tabela 3.4: driver unipolar	14
Tabela 3.5: driver bipolar.....	14
Tabela 3.6: cores padrão para fios.....	14
Tabela 3.7: características físicas dos materiais.....	36

1. INTRODUÇÃO

O projeto consiste na automação do acionamento e posicionamento de espelhos retrovisores para automóveis, tanto para os espelhos laterais como para o espelho central.

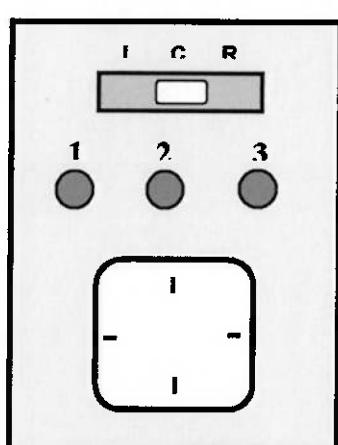
Tem-se como objetivo o desenvolvimento de um projeto com aplicação real viável que, atualmente, não tem grande utilização no mercado. Dessa maneira, parâmetros como custo de implementação e estética foram levados em consideração, além dos parâmetros técnicos necessários ao desenvolvimento de um projeto de engenharia.

O usuário poderá posicionar seus espelhos retrovisores manualmente ou poderá gravar sua posição escolhida para o espelho e solicitá-la quando utilizar o veículo novamente, fazendo com que o espelho movimente-se automaticamente até a posição desejada.

Será possível que o usuário escolha qual espelho desejará movimentar no caso do acionamento manual; e, para o acionamento automático, todos os espelhos deverão ser posicionados consecutivamente quando o usuário solicitar sua opção de posicionamento da memória.

A idéia é facilitar o uso do automóvel por diversas pessoas, que utilizam o veículo alternadamente e com os espelhos em diferentes posições.

A interface com o usuário consiste em três botões correspondentes às



posições da memória, uma chave seletora de três posições referentes à escolha do espelho que será acionado e um Joystick para a movimentação manual dos espelhos. Pretende-se posicionar este conjunto no painel do veículo, próximo ao braço do motorista.

Esta interface com o usuário, seu Software e Hardware, foi desenvolvida no projeto, levando em consideração parâmetros como estética da instalação, facilidade de utilização, alocação possível dentro do veículo, entre outros.

O botões de memória terão duas finalidades: gravar a posição atual do espelho na memória e requisitá-la posteriormente. Quando o usuário realizar

um toque simples no botão, entende-se que ele deseja acessar a posição da memória referente ao botão pressionado e os espelhos serão posicionados. Caso o usuário mantenha o botão pressionado por um intervalo de tempo maior, interpreta-se que ele deseja salvar a atual posição do espelho na memória correspondente a este botão.

A principal motivação para escolha deste projeto foi a possibilidade de ter uma aplicação no mercado já que a grande maioria dos automóveis não possui um sistema de posicionamento eletrônico dos espelhos retrovisores e muito menos um sistema que adapte automaticamente este posicionamento ao usuário. Soma-se a isso o fato de poder englobar no projeto uma grande quantidade de tópicos estudados no curso, aplicando em conjunto conceitos de mecânica (mecanismo / estrutura), eletrônica (Hardware), programação (Software de controle), controle e automação (controle e realização do posicionamento).

Pesquisas em busca de espelhos centrais automatizados em carros de alto padrão se mostraram surpreendentes, pois este tipo de acionamento não foi encontrado em nenhum veículo.

Definiu-se como objetivo deste trabalho o desenvolvimento de mecanismo de movimentação para espelho retrovisor central, o desenvolvimento de acionamento eletrônico para movimentação de espelhos retrovisores laterais e central, o desenvolvimento de sistema de memória de posição dos espelhos laterais e central para veículos utilizados por diversos usuários e o posicionamento automático dos mesmos.

2. DIVISÃO DO PROJETO

O projeto foi dividido em três grandes áreas, correspondentes às partes mecânica, de Hardware e de Software, conforme descrito abaixo:

2.1) MECANISMOS

O projeto iniciou com o estudo dos mecanismos para movimentação já existentes no mercado para espelhos retrovisores laterais. Para estes, foi utilizado um mecanismo já existente no mercado, já que se mostram eficientes e uma tentativa de aprimoramento ou desenvolvimento de um novo mecanismo levaria a resultados pouco expressivos. No entanto, adaptações foram necessárias para satisfazer o projeto de controle da movimentação, onde foi necessário desenvolver uma maneira de quantificar o número de rotações do motor, e, consequentemente a posição angular do espelho em relação a uma posição inicial de referência.

Em paralelo com o desenvolvimento do controle dos espelhos laterais, foi desenvolvido o mecanismo de movimentação do espelho retrovisor central. Neste caso, todo o mecanismo foi desenvolvido, já que aparentemente não há no mercado este tipo de acionamento.

Nesta etapa, houve a necessidade de se decidir se somente o espelho seria movimentado, como nos espelhos laterais, ou se toda a carcaça se movimentaria. De qualquer maneira, o estudo do mecanismo do espelho lateral serviu de base para o desenvolvimento deste novo acionamento. Os parâmetros listados abaixo foram utilizados nas decisões referentes ao desenvolvimento deste novo mecanismo:

- Espaço disponível para a instalação do mecanismo e dos motores;
- Estética final da instalação;
- Movimento angular que o espelho deve realizar para englobar todo o campo de visão necessário;
- Resolução do movimento – movimento mínimo necessário / possível para que o usuário possa ajustar o espelho na posição desejada;
- Restrição de quatro graus de liberdade do espelho;
- Necessidade de movimento de rotação ao redor de dois eixos alternadamente ou simultaneamente;

- Velocidade dos movimentos de rotação do espelho em relação aos seus eixos respectivos;

Durante o desenvolvimento do protótipo, procurou-se adaptar peças existentes no mercado em substituição aos componentes mecânicos necessários.

2.2) HARDWARE

Para a interpretação dos dados provenientes do usuário, cada um dos botões de interface está ligado a uma entrada de um microcontrolador. Esta entrada é mantida em nível lógico 1 (Vcc) e vai a zero quando o botão é pressionado. As entradas são constantemente monitoradas pelo microcontrolador, detectando quando um botão é pressionado.

O microcontrolador, juntamente com os itens de interface com usuário e os componentes analógicos necessários ao seu funcionamento, são denominados circuito de controle.

Processadas as informações no microcontrolador, motores deverão ser acionados de modo a movimentar o espelho conforme desejado. Para isso, utiliza-se um segundo circuito, denominado circuito de acionamento, que recebe informações da placa de controle e aciona os motores.

Vale ainda citar que toda alimentação necessária para acionar os motores ou para alimentar os hardwares de controle e acionamento é proveniente do veículo, adaptada através de reguladores e divisores de tensão que fazem parte do hardware desenvolvido.

2.3) SOFTWARE

Para que o microcontrolador interprete corretamente os dados do usuário e realize as ações correspondentes, uma lógica deve ser aplicada, através da programação de seu Software.

Além disso, a partir de uma dada posição inicial, o Software é o responsável por controlar as rotações dos motores, de modo que seja sempre possível reconhecer a posição em que o espelho se encontra. Para que esse controle seja possível, é necessário utilizar motores de passo ou sensores de posição, permitindo ao microcontrolador reconhecer a posição de cada eixo.

Com esse controle é possível definir diversas posições padrão para os usuários e realizar o acionamento dos motores de forma correta para que o espelho atinja a posição desejada.

3. MECANISMOS

3.1 MECANISMOS DE ACIONAMENTO DOS ESPELHOS LATERAIS

Os mecanismos eletrônicos para movimentação de espelhos retrovisores existentes no mercado baseiam-se no uso de um corpo fixo e outro móvel, que se conecta ao espelho através de uma junta esférica com limitador de rotação em relação ao eixo que sai do plano do espelho.

A movimentação é realizada por um par de motores. O pinhão fica acoplado à parte retilínea de uma correia dentada, presa à base fixa. O plano do espelho está fixado aos motores e consiste na parte móvel. Quando um motor é acionado ele se movimenta no curso da correia, para cima ou para baixo, movimentando o plano do espelho no eixo x e/ou y.

Cada motor corresponde à rotação em torno de um eixo, e dessa maneira, é possível posicionar o espelho na posição desejada através da combinação dos movimentos.



Figura 3.1: mecanismo de açãoamento



Figura 3.2: mecanismo de açãoamento

Este foi o mecanismo utilizado para a movimentação dos espelhos laterais no projeto. No entanto, este sistema necessitou de adaptações para sua aplicação, já que os motores utilizados são de corrente contínua e quando o pinhão chega ao fim do curso da correia, o motor passa a girar em falso. Essas características fazem com que não seja possível quantificar a posição do espelho através da

rotação dos motores. Para a solução deste problema optou-se pela substituição dos motores de corrente contínua por motores de passo, possibilitando assim a quantificação das rotações dos motores e a definição do posicionamento do espelho.

3.2 ESCOLHA DOS MOTORES DE ACIONAMENTO

3.2.1 Motores de passo

Os motores DC giram em velocidade constante, pois possuem apenas dois estágios de operação, parado ou girando. Já os motores de passo deslocam-se por pulsos ou passos discretos e exibem três estágios: parados, ativados com rotor travado (bobinas energizadas) ou girando em etapas. Este movimento pode ser brusco ou suave, dependendo da freqüência e amplitude dos passos em relação à inércia em que ele se encontre.

Pertencendo a uma categoria separada, diferente dos motores DC, os motores de passo têm aplicações específicas, ou seja, em rotações de eixos desde um a vários passos, dependendo dos sinais fornecidos pelos circuitos digitais de comando. Podem ser usados em circuitos abertos, sem qualquer realimentação de controle e pela contagem do número de passos, será possível seguir continuamente a posição do objeto acionado pelo motor.



Figura 3.3: motores de passo

No que se refere ao funcionamento, os motores de passo podem ser comparados aos síncronos, ou seja, um campo rotativo (nesse caso gerados pela eletrônica de controle) faz girar um rotor magnético. Tais motores foram subdivididos de acordo com a forma

em que é gerado o campo rotativo (enrolamento unipolar ou bipolar no estator) e com o material empregado na confecção do rotor. Os mais usados são os unipolares, geralmente com quatro bobinas.

Os motores bipolares possuem muitas bobinas na mesma carcaça e por isso essas têm fios mais finos ou menor número de espiras, assim desenvolvem momentos inferiores aos dos monopolares, porém possuem uma resolução maior, isso é, maior número de passos por volta completa. A máxima freqüência de rotação é limitada pelo rotor magnetizado, que induz uma tensão no estator. Os motores unipolares são controlados facilmente através de um transistor por enrolamento, enquanto nos bipolares são necessários quatro transistores em ponte. Mas, em ambos os casos, uma lógica de controle é

exigida para que o motor possa girar corretamente. Essa lógica é fornecida pela placa de acionamento através de um único componente.

As correias dentadas de transmissão são mais indicadas que as engrenagens, devido ao fenômeno da ultrapassagem provocado pelo baixo amortecimento desses motores, que poderiam quebrar ou desgastar rapidamente os dentes.

3.2.2 Escolha do motor

Realizou-se uma pesquisa de mercado em busca do motor de passo que melhor se adaptasse às necessidades do projeto.

Para a aplicação em questão o principal fator de influência na escolha foi o tamanho. Isso porque não há necessidade de grandes torques ou potência, e, no entanto, o espaço para a alocação do motor é bastante reduzido. O motor é alimentado pela bateria do veículo, logo 12 Volts.

A pesquisa realizada constatou a existência de uma infinidade de motores de passo com muitas possibilidades de tamanho, torque, corrente e inércia.

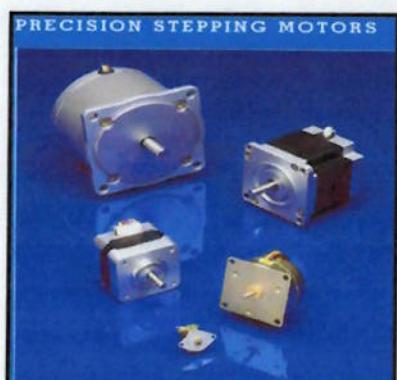


Figura 3.4: Variações de tamanho e potência de motores de passo

Foram escolhidos dois modelos, um para o acionamento dos espelhos laterais e outro para o acionamento do espelho central. São eles:

Pm20s020 – espelhos laterais

Pm 35s024 – espelho central

Ambos são fabricados pela PM motors, integrada desde 2004 à companhia conhecida como Minebea-Matsushita Motor Corporation.

A seguir são listados os fatores mais importantes que pesaram na escolha do motor, além de suas características de funcionamento.

TORQUE FORNECIDO: O torque gerado pelo motor é função do seu tamanho, além da resistência térmica dos fios magnéticos utilizados no rotor. Normas de segurança especificam temperaturas limite e o funcionamento do motor não é garantido caso estas temperaturas sejam excedidas. Para os motores utilizados, a máxima temperatura que sua superfície pode atingir é de 105°C. A tabela abaixo fornece o torque gerado pelo motor em função do seu

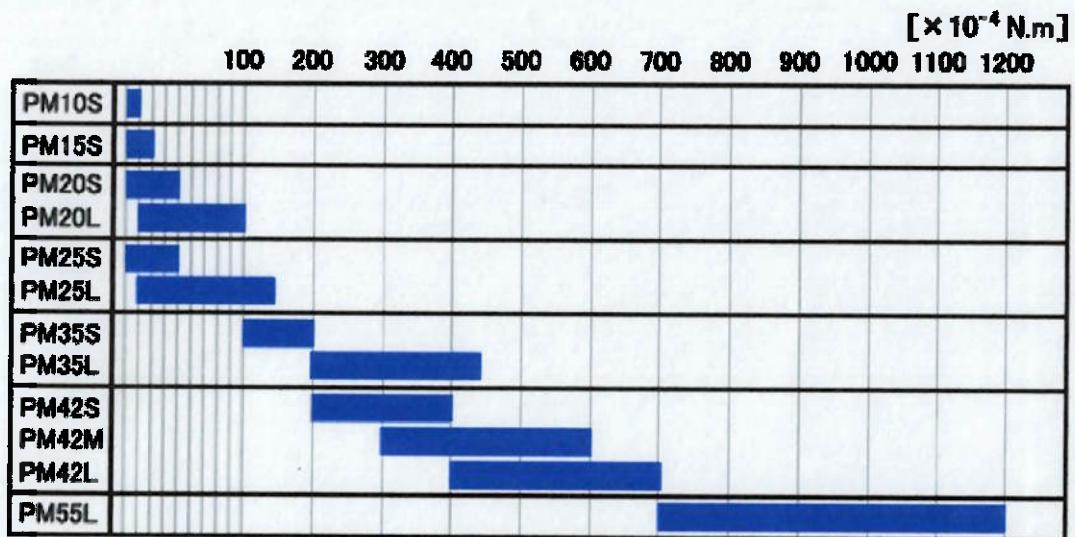


Figura 3.5: Intervalos de torque de acordo com os tamanhos dos motores

tamanho.

TORQUE X VELOCIDADE: O torque fornecido pelo motor varia de acordo com a velocidade imposta pelo driver. Mesmo que a voltagem seja mantida constante, o aumento da velocidade de rotação do motor leva a um aumento da ocorrência de forças elétricas e da impedância do motor. Isso dificulta a passagem de corrente, reduzindo o torque. As figuras 3.6 e 3.7 apresentam o torque médio para motores com diâmetro entre 10mm e 25mm e entre 35mm e 55mm, respectivamente.

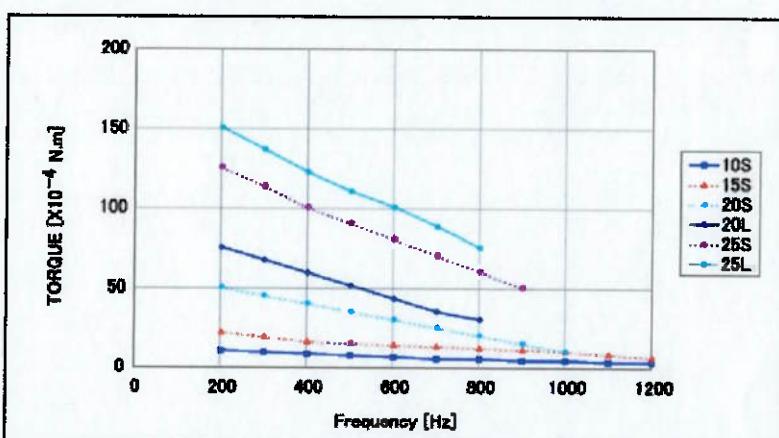


Figura 3.6: Motores 10S a 25L

Com o intuito de obter maiores valores de torque, serão utilizadas associações de engrenagens. Este tópico será melhor discutido no decorrer do documento.

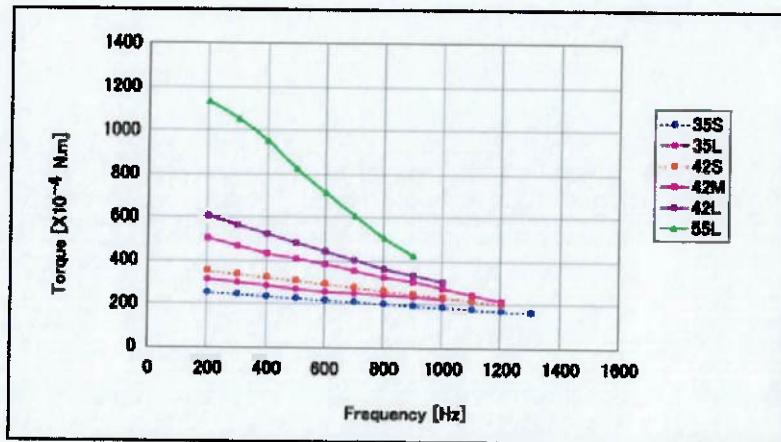


Fig. 3.7: Motores 35S a 55L

TEMPERATURAS: O principal fator de limitação do torque fornecido pelo motor é a temperatura que este pode atingir. Como a área da superfície da carcaça varia de acordo com o tamanho do motor, as trocas de calor por radiação com o meio externo também variam, influenciando em suas características de temperatura.

A tabela abaixo fornece a temperatura atingida pelos diversos modelos, quando 1W de potência é fornecido. Sabendo-se a potência que será fornecida ao motor, pode-se estimar a temperatura que este irá atingir, e verificar se a temperatura está dentro da admissível.

PM15S	PM20S	PM20L	PM25S	PM25L	PM35S	PM35L	PM42S	PM42M	PM42L	PM55L
54	35	31	30	23	19	13	15	14	13	8

Tabela 3.1: crescimento da temp. do enrolamento por unidade de Watt fornecida

Medindo-se a temperatura da superfície externa do motor, pode-se obter a temperatura do enrolamento através da divisão pelo valor fornecido na tabela abaixo.

PM15S	PM20S	PM20L	PM25S	PM25L	PM35S	PM35L	PM42S	PM42M	PM42L	PM55L
0.9	0.91	0.91	0.91	0.91	0.88	0.87	0.87	0.88	0.88	0.87

Tabela 3.2: relação entre temperatura da superfície e do enrolamento do motor

O gráfico abaixo fornece o tempo que o enrolamento do motor leva para atingir a saturação da temperatura. Essa informação permite avaliar quando é possível ultrapassar os limites de operação por um curto espaço de tempo,

assim como saber quando o motor está operando abaixo das condições de uso.

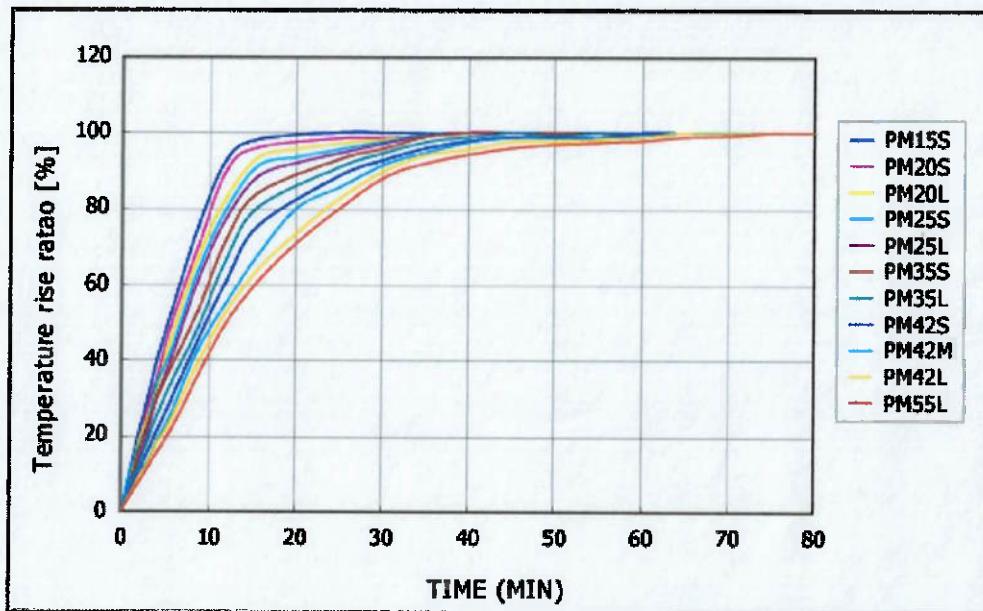


Figura 3.8: tempo de saturação da temperatura do enrolamento do motor

RESISTÊNCIA: O valor da resistência é restrinido pela voltagem fornecida e cresce com a temperatura do motor. Existem ainda limitações quanto a estimativas de conservação de energia e restrições à alimentação. Além disso, o tamanho do motor restringe o volume do enrolamento do motor.

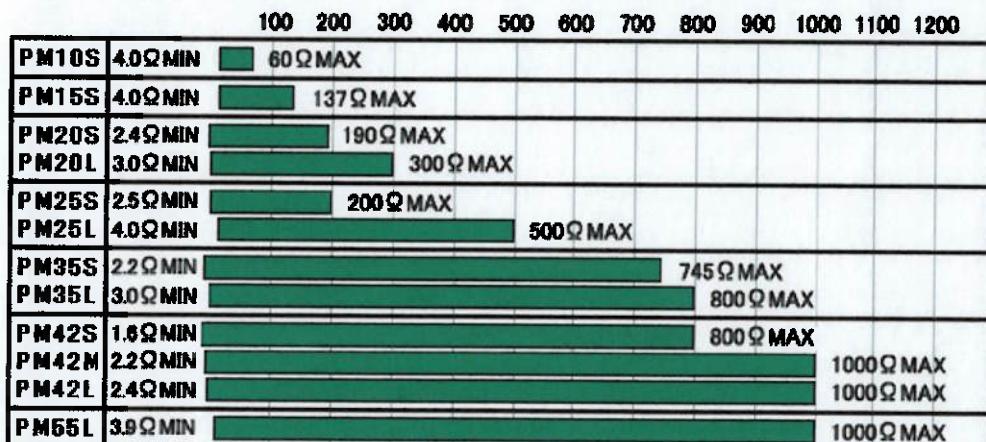


Figura 3.9: faixa de valores de resistência para cada tamanho de motor

MATERIAL MAGNÉTICO: É fornecido pelo fabricante três diferentes tipos de material para o imã e a escolha depende do torque e inércia do motor desejado, entre outros fatores. Além disso, o preço do imã varia de acordo com o material utilizado. O padrão é que o próprio fabricante decida sobre o material magnético a ser usado, no entanto, o cliente pode especificar o material que deseja.

	MSPL	MS50	MS70
PM10S			
PM15S			
PM20S PM20L			
PM25S PM25L			
PM35S PM35L			
PM42S PM42M PM42L			
PM55L			

MSPL: Ferrite plastic magnet

MS50 : Polar anisotropy ferrite sintered magnet

MS70 : Nd-Fe-B bonded magnet

Fig. 3.10: combinação de tamanho de motor e material magnético utilizado

	MSPL	MS50		MS70	
		MOLD	ADHESIVE	MOLD	ADHESIVE
PM10S					0.02
PM15S					0.04
PM20S PM20L					0.30 0.43
PM25S PM25L			0.72 1.17		0.67 0.88
PM35S PM35L	2.86 5.15		4.84 7.75 7.81	2.85 4.47	3.51 5.79
PM42S PM42M PM42L	8.1 8.01 12.91	11.37 14.36 22.09	13.91 22.82	7.36 7.03 11.08	10.26 18.53
PM55L	41.3	80.02	92.14	33.2	60.13

Figura 3.11: inércia padrão para cada tamanho de motor

DESCRÍÇÃO DAS DIMENSÕES: Ao lado encontra-se o desenho técnico de um motor genérico com a marcação das medidas que estão apresentadas logo abaixo na tabela, com unidade em milímetros. Note que todos os modelos do fabricante estão listados, a fim de se ter um comparativo entre as medidas dos modelos seguintes.

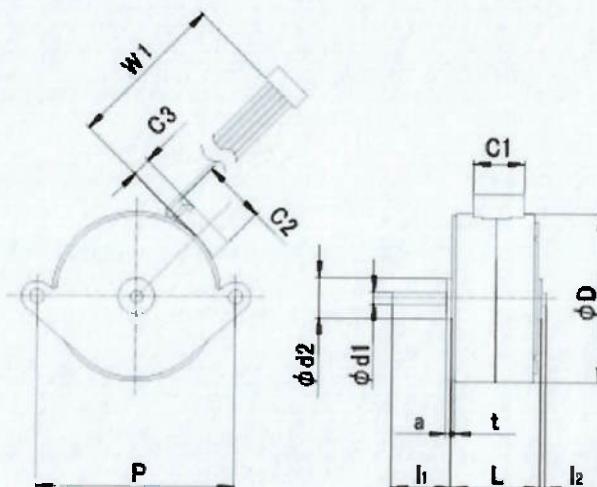


Figura 3.12: dimensões padrão

Nome de Série	D	L MAX	d_1 $^{+0}_{-0.01}$	d2	a	C1	C2	C3	W1 MIN	t	W (AWG)
PM10S-020	10	10.2	1.5	6	1.2	-	-	-	-	0.5	FPC
PM15S-020	15	12	1.5	6	0.5	-	-	-	-	0.8	FPC
PM20S-020	20	15.5	1.5	6	1.5	11.9	8.4	4.5	50	0.8	28
PM20L-020	20	19.6	1.5	6	1.5	11.9	8.4	4.5	50	0.8	28
PM25S-024,048	25	12.5	2	7	1.5	11.9	8.4	4.5	50	0.8	28
PM25L-024	25	17	2	7	1.5	11.9	8.4	4.5	50	0.8	28
PM35S-024,048	35	15.5	2/3	10	1.5	12.7	15.8	5.5	50	0.8	28
PM35L-024,048	35	22.2	2/3	10	1.5	12.7	15.8	5.5	50	0.8	28
PM42S-048, 096,100.	42	15.5	3	10	1.5	12.7	15.8	5.5	50	0.8	28
PM42M-048	42	20	3	10	1.0	17.4	13	5.5	50	0.8	28
PM42L-048	42	22.2	3	10	1.5	12.7	15.8	5.5	50	0.8	28
PM55L-048, 096,100.	55	25.7	4/6. 345. 11.13	2.3	12.7	15.8	5.5	50	1.6	28	

Tabela 3.3: dimensões padrão

CIRCUITO DE AÇÃOAMENTO: A seguir está relacionado todo conteúdo necessário para o desenvolvimento do driver de açãoamento dos motores.

- **Círcuito de açãoamento**

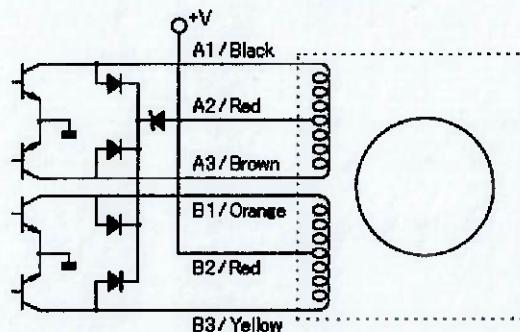


Fig. 3.13: drive unipolar

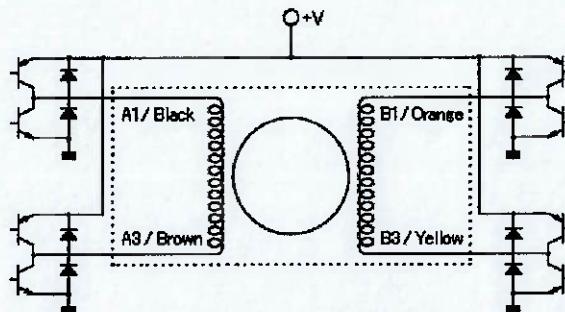


Fig. 3.14: drive bipolar

- **Matriz de açãoamento - para os drivers indicados acima.**

	A1 Preto	A3 Marrom	B1 Laranja	B3 Amarelo	A2/B2 Vermelho
1	—			—	+
2	—		—		+
3		—	—		+
4	—		—	—	+

Tabela 3.4: driver unipolar

	A1 Preto	A3 Marrom	B1 Laranja	B3 Amarelo
1	—		+	+
2	—		+	—
3	+		—	—
4	+		—	+

Tabela 3.5: driver bipolar

- **Diagrama de fios**

MOTOR	COR DE FIO	MOTOR	COR DE FIO
A1	Preto	B1	Laranja
A2	Vermelho	B2	Vermelho
A3	Marrom	B3	Amarelo

Fig. 3.15: diagrama de fios

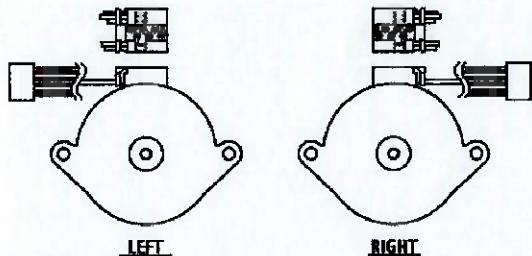


Tabela 3.6: cores padrão para fios

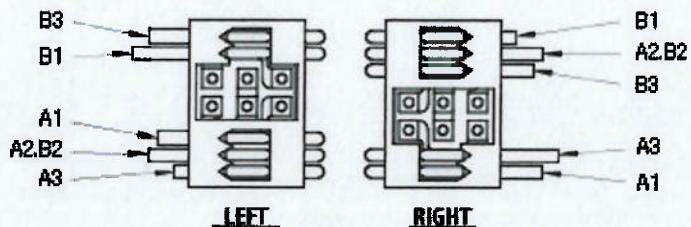


Figura 3.16: motores 20 e 25

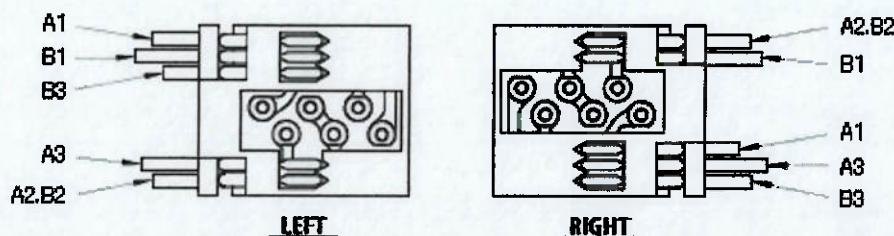


Figura 3.17: motores 35, 42 e 55

- **Extensão dos enrolamentos**

- 1) Método com fios soldados



O fio é diretamente soldado no terminal do enrolamento do motor, via PCB. É o método mais comumente usado.

- 2) Método IDC



Este método utiliza um conector especial, que é conectado ao terminal dos enrolamentos.

- 3) Método conector PCB



O conector é anexado ao terminal dos enrolamentos via PCB, para que fios preparados pelo cliente sejam conectados. Esse método é muito utilizado, pois reduz custos.

4) Método com terminal de pinos



Utilizado em motores miniatura ($\varnothing 25$ ou menores), apresenta um terminal de pinos ligados diretamente aos enrolamentos do motor.

5) Método FPC



O FPC é diretamente soldado ao terminal dos enrolamentos do motor. A relação de custos não é vantajosa quando um pequeno volume é desejado. Este método é frequentemente usado em motores miniatura.

3.2.3 Cálculos utilizados na escolha dos motores

Cálculo de torque requisitado

- **Espelhos Laterais**

Estimando a massa do espelho em 100g e considerando que esta é a única massa relevante no sistema, é possível impor as equações de equilíbrio no comprimento L (distância entre massa e ponto de aplicação do torque), temos:

$$F = T_m / R_e$$

T_m – torque fornecido pelo motor

$$P \times L = T_m = 0$$

R_e - raio da engrenagem associada ao motor

$$P = 0,1 \times 9,87 = 0,987 \text{ N}$$

Estimando $L = 3 \text{ mm}$, temos:

$$T_m = 0,987 \times 0,003$$

$$T_m = 29,61 \times 10^{-4} \text{ N.m}$$

Consultando a tabela de torques fornecida pelo fabricante verifica-se que motores a partir de 20S são capazes de realizar o trabalho. Priorizando o motor de menor tamanho, escolheu-se o motor PM 20S, que é capaz de atingir $50 \times$

10^{-4} N.m, fornecendo um fator de segurança quanto à capacidade de o motor corresponder ao torque requisitado de 1,7.

- **Espelho central**

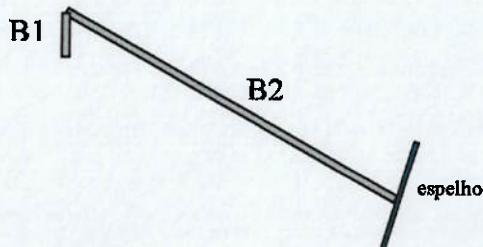


Figura 3.18: representação amplificada do mecanismo de movimentação

Estimando a massa do espelho em 200g e considerando que esta é a única massa relevante no sistema, o diagrama de corpo livre da barra B2 fica conforme ilustrado abaixo:

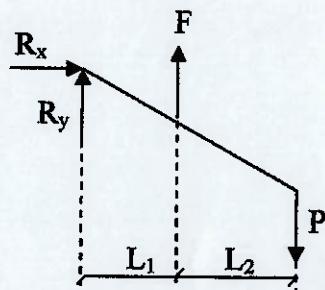


Figura 3.19: equilíbrio de forças nos espelhos laterais

Onde:

$$R_x = 0$$

$$R_y + F = P$$

$$F \cdot L_1 - P(L_1 + L_2) = 0$$

$$F = T_m / R_e$$

Sendo:

T_m – torque fornecido pelo motor

R_e – raio da engrenagem associada ao motor

$$P = 0,2 \times 9,87 = 1,974 \text{ N}$$

$$\text{Estimando } L_1 = 3 \text{ cm e } L_2 = 7 \text{ cm}$$

$$F \cdot 3 - 1,974 \cdot (3+7) = 0 \quad F = 6,58 \text{ N}$$

$$T_m = 6,58 \times R_e$$

$$\text{Estimando } R_e = 3 \text{ mm}$$

$$T_m = 19,74 \times 10^{-3} \text{ N.m}$$

Analizando a tabela de torques fornecida pelo fabricante verifica-se que os motores a partir de 35S são capazes de realizar o trabalho. Priorizando o motor de menor tamanho, escolheu-se o motor PM 35S, capaz de atingir $250 \cdot 10^{-4}$ N.m, fornecendo um fator de segurança de 1,3.

Cálculo da máxima temperatura atingida durante trabalho

Alimentando ambos os motores continuamente com 12 Volts, constatou-se que a corrente média consumida pelos motores PM 20S e PM 35S, em condições de torque máximo são de 0.2 e 0.3 Amperes, respectivamente.

A potência fornecida aos motores pode então ser calculada por:

$$P_{20S} = 12 \times 0.2 = 2,4 \text{ W} \quad P_{35S} = 12 \times 0.3 = 3,6 \text{ W}$$

Multiplicando os valores dados pela tabela 3.1, calculada para 1W, pela potência acima, podem-se obter as temperaturas de operação dos motores:

$$T_{20S} = 35 \times 2,4 = 84^{\circ}\text{C} \quad T_{35S} = 19 \times 3,6 = 68,4^{\circ}\text{C}$$

A temperatura externa dos motores pode então ser obtida pelos valores da tabela 3.2, dada anteriormente:

$$T_{e20S} = 84 / 0,91 = 85,54^{\circ}\text{C} \quad T_{e35S} = 57 / 0,88 = 60,19^{\circ}\text{C}$$

3.3 MECANISMOS DE ACIONAMENTO DE ESPELHO CENTRAL

Para a movimentação do espelho retrovisor central, a primeira decisão foi escolher entre um mecanismo que movimentasse somente o espelho, como nos retrovisores laterais, ou um mecanismo que movimentasse toda a embalagem em que o espelho está contido.

A escolha de movimentar apenas o espelho permitiria utilizar os mesmos mecanismos existentes para os espelhos laterais, no entanto, as embalagens assumiriam grandes dimensões para alocar o mecanismo, inviabilizando sua utilização no projeto. Além disso, para que fosse possível movimentar o espelho dentro de uma caixa fixa seria necessário que houvesse certa folga entre esta e a parte móvel, comprometendo a estética do conjunto.

Por essas questões, e ainda pelo interesse em desenvolver um mecanismo novo, optou-se por mover todo o conjunto (embalagem + espelho), movimentado através de uma haste fixa a ele. Para isso, a junta esférica entre a haste e a caixa que contém o espelho deve ser transformada em

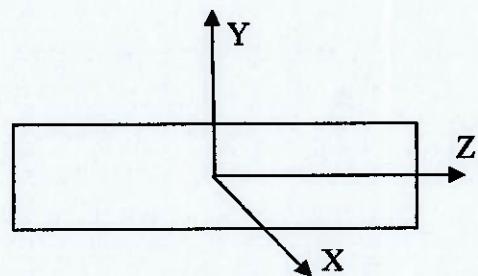
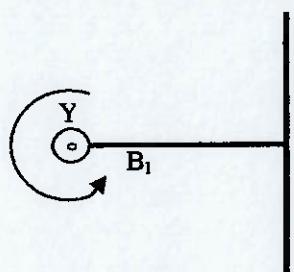


Figura 3.20: espelho central – eixo de coordenadas fixo ao veículo

um engastamento, permitindo que o movimento da haste seja transmitido ao espelho.

Para a solução da questão da movimentação, dividiu-se o problema em duas partes, cada uma referente a um grau de liberdade, tratando os movimentos de forma separada, para posteriormente agrupá-los.

3.3.1 Movimento 1: Rotação em torno do eixo Y



Para movimentar o espelho em torno do eixo Y, basta fixar a haste (B₁) em uma barra (B₂) perpendicular ao eixo z (espelho).

Figura 3.21: Rotação em torno de Y

3.3.2 Movimento 2: Rotação em torno do eixo Z

Para movimentar o espelho em torno do eixo Z, basta adicionar uma articulação entre as barras 1 e 2.

Também neste caso, pode-se notar que o sistema de coordenadas fixo ao carro difere do sistema fixo ao espelho, sendo Z' paralelo a Z (fixo ao veículo), e não ao eixo fixo ao espelho.

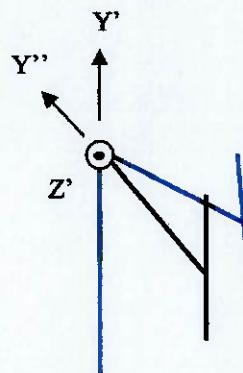


Fig. 3.22: Rotação em torno de z

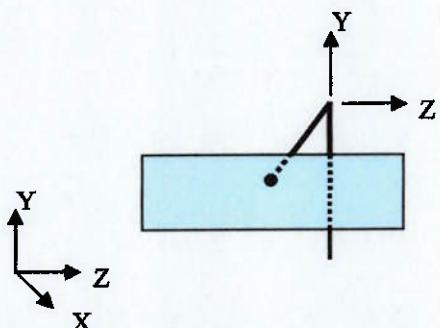


Figura 3.23: Rotações em torno de Y e Z

Assim, o mecanismo ficaria conforme a figura ao lado.
Sendo X, Y e Z as coordenadas referentes ao sistema fixo ao veículo / usuário, e Y' e Z' eixos paralelos a Y e Z.

3.3.3 União dos movimentos

O próximo problema passa a ser como unir ambos os movimentos de maneira conveniente.

A superfície de alcance do mecanismo é, conforme figura ao lado, uma porção de esfera.

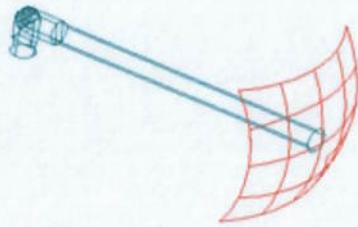


Figura 3.24: Volume de alcance

3.3.4 Posicionamento do espelho em relação ao usuário

Para avaliar o movimento que o espelho realiza, em relação ao usuário, é necessário descrever este movimento de acordo com um sistema de

coordenadas imóvel em relação ao usuário, ou seja, solidário ao veículo.

Definindo como OXYZ um sistema de coordenadas fixo ao veículo (base) e O₁X₁Y₁Z₁ um sistema de coordenadas solidário ao espelho (móvel), conforme a figura 3.25, pode-se definir a posição e a orientação de um corpo rígido, no

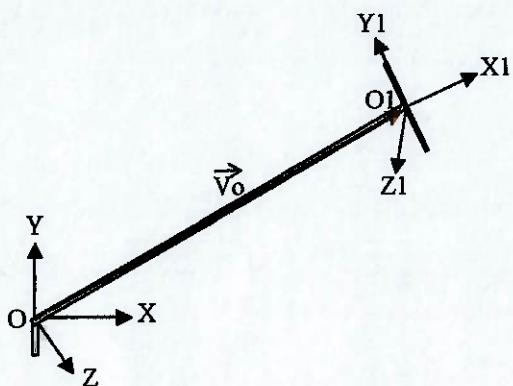


Fig. 3.25: sistemas de coordenadas fixo e móvel.

caso, o espelho.

A posição do espelho é dada pela posição do ponto O₁ em relação ao sistema de coordenadas fixo, que pode ser descrita pelo vetor coluna V₀:

$$V_0 = [X_0, Y_0, Z_0]^t \quad (1)$$

A representação da orientação do espelho é dada pela direção dos eixos X₁Y₁Z₁. Sendo i₁, j₁ e k₁ vetores unitários ao longo dos eixos X₁, Y₁ e Z₁, as componentes de cada um destes vetores são os cosenos diretores de cada eixo projetado no sistema de coordenadas fixo.

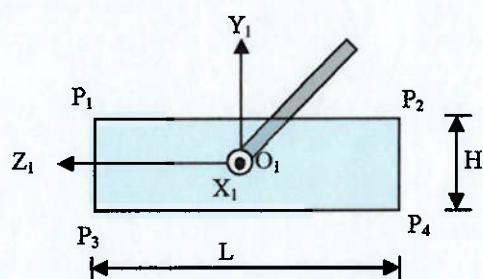


Figura 3.26: sistema de coordenadas solidário ao espelho

Assim, a orientação do espelho em relação ao sistema de coordenadas fixo ao veículo é completamente definido pela matriz (3x3) de rotação R :

$$R = [i_1, j_1, k_1]^t \quad (2), \quad \text{onde } i_1, j_1 \text{ e } k_1 \text{ são vetores coluna de dimensão } 3 \times 1$$

Definição da matriz de rotação R

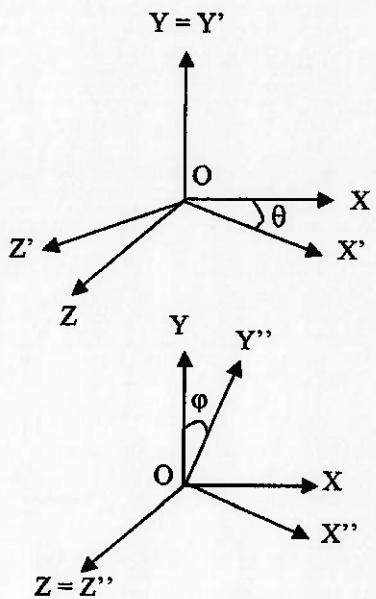


Figura 3.27: rotação em torno de Y

Conhecendo-se os movimentos que o espelho irá realizar, podem-se determinar as possíveis rotações do sistema móvel em relação ao sistema fixo. Assim, sabe-se que sistema móvel pode rotacionar θ em torno de Y e/ou φ em torno de Z.

As matrizes de rotação em torno dos eixos Y e Z são dadas respectivamente, por:

$$R_o^1 = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ \sin \theta & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad R_i^2 = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dessa maneira, pode-se determinar a orientação do sistema solidário ao espelho em relação ao sistema da base através da composição das rotações descritas acima.

$$R_o^2 = \begin{bmatrix} \cos \theta \cdot \cos \varphi & \cos \theta \cdot \sin \varphi & -\sin \theta \\ \sin \theta \cdot \cos \varphi - \sin \varphi & \sin \theta \cdot \sin \varphi + \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

Definição do vetor de translação V_o

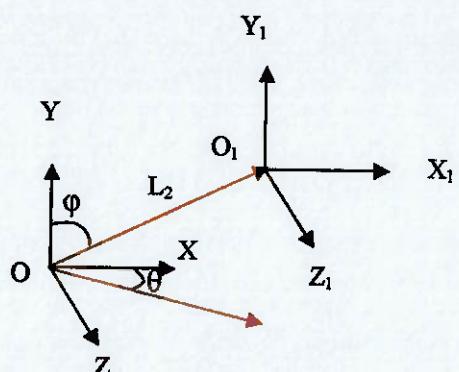


Fig. 3.28: Translação da origem do sistema de coordenadas.

Analisando as projeções do vetor V_o nos eixos do sistema $OXYZ$, pode-se obter a descrição deste vetor em termos das coordenadas da base, em função dos ângulos θ e φ e de seu comprimento L_2 , conforme abaixo:

$$\vec{V}_o = (L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \cos\theta, L_2 \cdot \cos\varphi, L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \sin\theta) \quad (4)$$

Transformação de coordenadas

Seja P um ponto arbitrário do espelho. A posição do ponto P pode ser descrita tanto em relação ao sistema de coordenadas fixo ao veículo, quanto em relação ao sistema de coordenadas solidário ao espelho. Os vetores que definem a posição de P através dos sistemas de coordenadas fixo e móvel são respectivamente:

$$p = (p_x, p_y, p_z)^t \quad p_1 = (p_{x1}, p_{y1}, p_{z1})^t$$

A transformação de coordenadas do sistema fixo no corpo p_1 para a coordenada da base p pode ser obtida através de uma transformação de translação seguida de uma transformação de rotação, conforme a equação abaixo:

$$p = V_o + p_{x1}i_1 + p_{y1}j_1 + p_{z1}k_1 \quad (5)$$

ou compactamente:

$$p = V_o + R.p_1 \quad (6)$$

Dessa maneira, pode-se descrever os pontos de interesse nos espelho em relação ao sistema de coordenadas da base.

Determinados o vetor V_0 (4) e a matriz R (3), necessita-se apenas obter os vetores de posição dos pontos P_1 , P_2 , P_3 e P_4 , conforme figura 3.26, dados através do sistema de coordenadas do espelho, que são dados por:

$$P_{11} = (0, H/2, L/2)$$

$$P_{21} = (0, H/2, -L/2)$$

$$P_{31} = (0, -H/2, -L/2)$$

$$P_{41} = (0, -H/2, L/2)$$

Pela equação (6), e com os vetores acima, pode-se obter a descrição dos pontos desejados em relação às coordenadas da base:

$$P_1 = \begin{bmatrix} \frac{H}{2}(\sin\theta \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) + L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \cos\theta & \frac{H}{2}(\sin\theta \cdot \sin\varphi + \cos\varphi) + L_2 \cdot \cos\theta & \frac{L}{2} \cdot \cos\theta + L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \sin\theta \end{bmatrix}$$

$$P_2 = \begin{bmatrix} \frac{H}{2}(\sin\theta \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) + L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \cos\theta & \frac{H}{2}(\sin\theta \cdot \sin\varphi + \cos\varphi) + L_2 \cdot \cos\theta & -\frac{L}{2} \cdot \cos\theta + L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \sin\theta \end{bmatrix}$$

$$P_3 = \begin{bmatrix} -\frac{H}{2}(\sin\theta \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) + L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \cos\theta & -\frac{H}{2}(\sin\theta \cdot \sin\varphi + \cos\varphi) + L_2 \cdot \cos\theta & -\frac{L}{2} \cdot \cos\theta + L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \sin\theta \end{bmatrix}$$

$$P_4 = \begin{bmatrix} -\frac{H}{2}(\sin\theta \cdot \cos\varphi - \sin\varphi) + L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \cos\theta & -\frac{H}{2}(\sin\theta \cdot \sin\varphi + \cos\varphi) + L_2 \cdot \cos\theta & \frac{L}{2} \cdot \cos\theta + L_2 \cdot \sin\varphi \cdot \sin\theta \end{bmatrix}$$

Movimento relativo

Supondo conhecida a velocidade angular do espelho em relação ao sistema da base, a variação da matriz de cossenos diretores com o tempo pode ser obtida.

Definindo um vetor arbitrário de derivada constante:

$$X' = RX$$

$$X' \text{ constante}$$

$$X' = 0$$

$$R'X + RX' = 0$$

No entanto, a relação entre a derivada absoluta de um vetor com a sua variação num sistema móvel, implica que:

$$d\mathbf{X}'/dt = \mathbf{X}' + \boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{X} = 0$$

$$\mathbf{X}' = -\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{X},$$

Onde $\boldsymbol{\Omega}$ representa o vetor angular do referencial móvel (velocidade angular de arrastamento) e expresso no sistema móvel, fica:

$$\boldsymbol{\Omega} = \omega_x \mathbf{b}_i + \omega_y \mathbf{b}_j + \omega_z \mathbf{b}_k$$

Portanto,

$$\mathbf{R}'\mathbf{X} - \mathbf{R}\boldsymbol{\Omega} \times \mathbf{X} = 0$$

$$\mathbf{R}'\mathbf{X} = \mathbf{R}\boldsymbol{\Omega}\mathbf{X}$$

Como o vetor \mathbf{X} é arbitrário, fica:

$$\mathbf{R}' = \mathbf{R}\boldsymbol{\Omega}$$

3.3.5) Dimensionamento

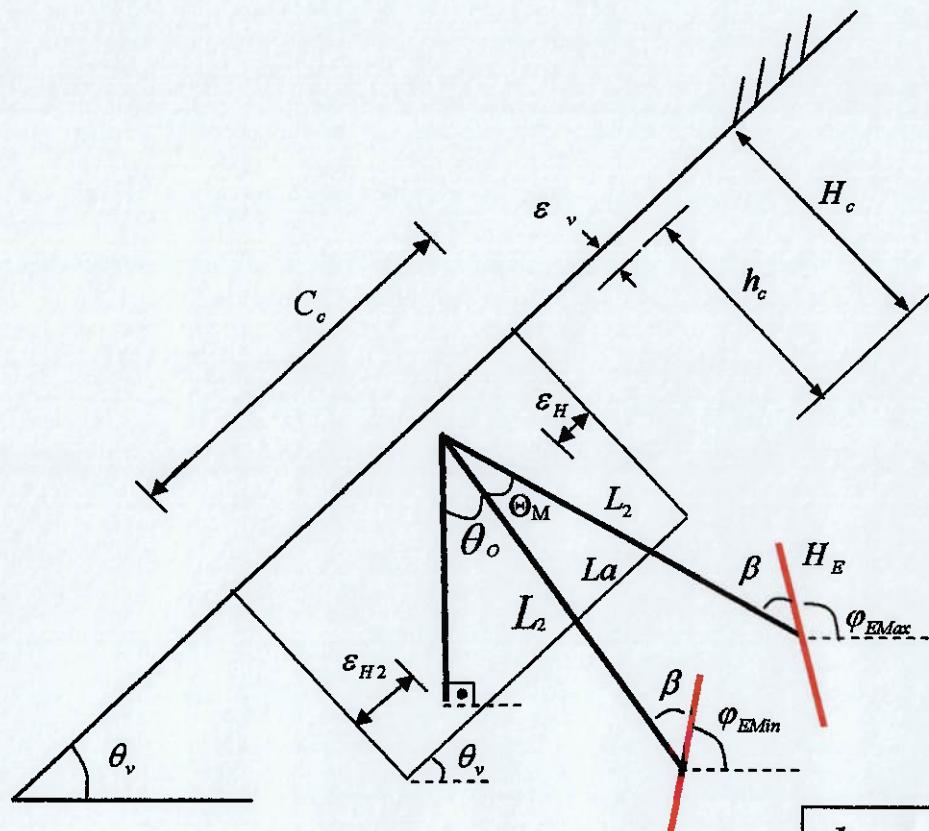


Fig. 3.29: esquema representativo do mecanismo central

$$h_c = H_c - \varepsilon_v$$

$$L_1 = \frac{h_c}{\sin \theta_v}$$

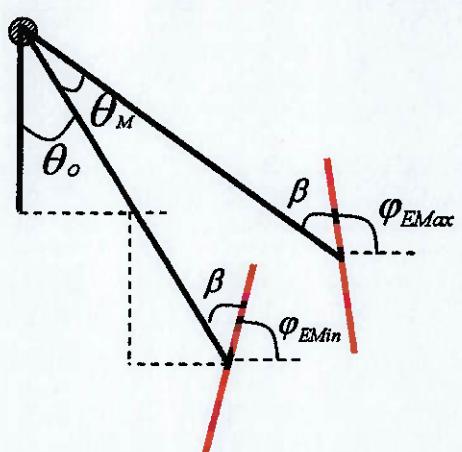


Fig. 3.30: haste móvel

$$\varphi_{E\text{Min}} = 90^\circ - \beta + \theta_o$$

Para $\varphi_{E\text{Max}}$, substituir θ_o por $\theta_o + \theta_M$

$$\varphi_{E\text{Max}} = 90^\circ - \beta + (\theta_o + \theta_M)$$

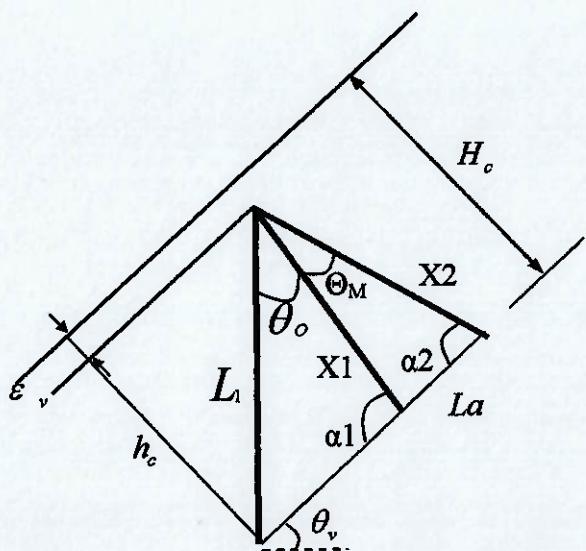


Fig. 3.31: vista lateral representativa do mecanismo central

Pela Lei do cos seno :

$$La = \sqrt{X1^2 + X2^2 - 2.X1.X2.\cos\theta_M}$$

$$\alpha 1 = 180^\circ - \theta_o + \theta_v - 90^\circ$$

$$\alpha 1 = 90^\circ - \theta_o + \theta_v$$

analogamente

$$\frac{L_1}{\sin \alpha 1} = \frac{X1}{\sin (90^\circ - \theta_v)}$$

$$X1 = \frac{L_1 \cdot \sin (90^\circ - \theta_v)}{\sin \alpha 1}$$

$$\frac{L_1}{\sin \alpha 2} = \frac{X2}{\sin (90^\circ - \theta_v)}$$

$$X2 = \frac{L_1 \cdot \sin (90^\circ - \theta_v)}{\sin \alpha 2}$$

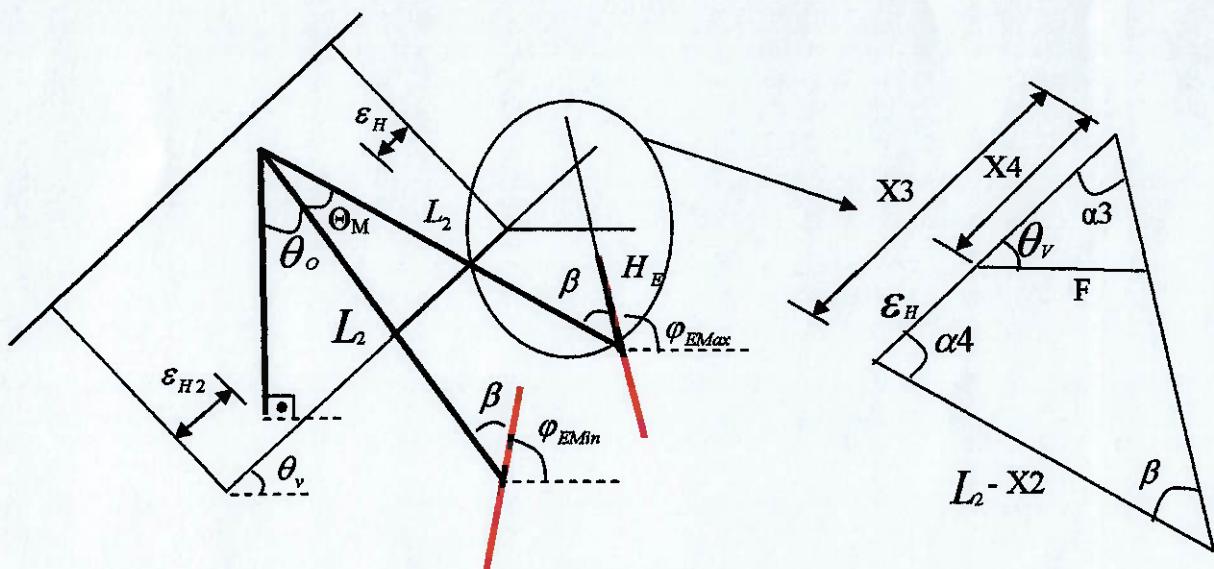


Fig. 3.32: detalhe da geometria lateral

$$\alpha 3 = \phi_{MAX} - \theta_v$$

$$\alpha 4 = 180^\circ - \phi_{MAX} + \theta_v - \beta$$

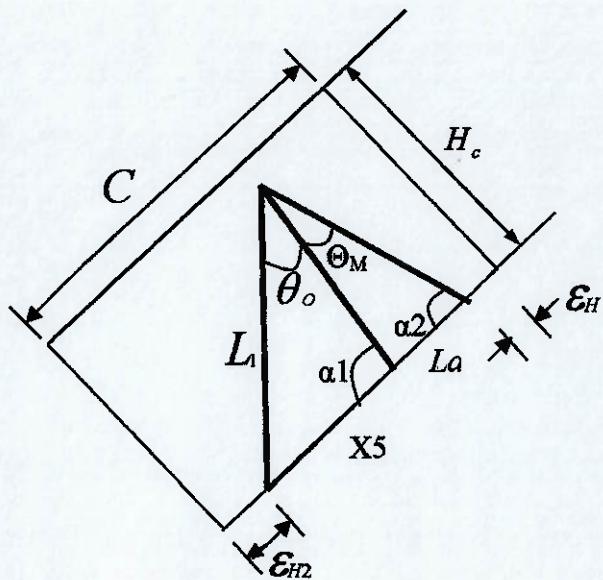
$$\frac{F}{\operatorname{sen} \alpha 3} = \frac{X4}{\operatorname{sen}(180^\circ - \varphi_{MAX})}$$

$$X4 = \frac{F \cdot \operatorname{sen}(180^\circ - \varphi_{MAX})}{\operatorname{sen} \alpha 3}$$

$$X3 = X4 + \mathcal{E}_H$$

$$\frac{X3}{\operatorname{sen} \beta} = \frac{L_2 - X2}{\operatorname{sen} \alpha 3}$$

$$L_2 = \frac{X3 \cdot \operatorname{sen} \alpha 3}{\operatorname{sen} \beta} + X2$$

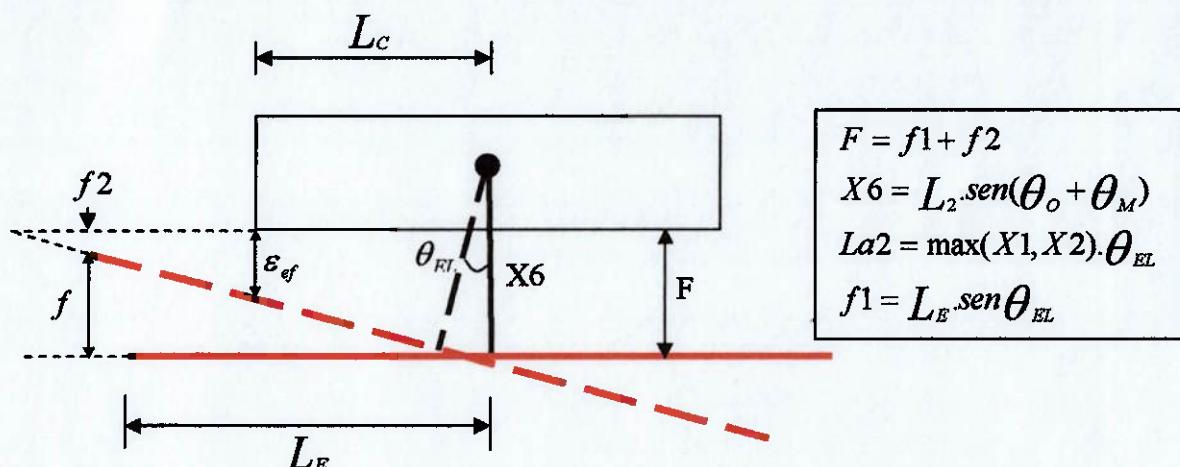


$$\frac{L_1}{\operatorname{sen} \alpha 1} = \frac{X5}{\operatorname{sen} \theta_o}$$

$$X5 = \frac{L_1 \cdot \operatorname{sen} \theta_o}{\operatorname{sen} \alpha 1}$$

$$C_c = \mathcal{E}_{H2} + X5 + La + \mathcal{E}_H$$

Fig. 3.33: vista representativa do mecanismo



$$F = f1 + f2$$

$$X6 = L_2 \cdot \operatorname{sen}(\theta_o + \theta_M)$$

$$La2 = \max(X1, X2) \cdot \theta_{EL}$$

$$f1 = L_E \cdot \operatorname{sen} \theta_{EL}$$

Fig. 3.34: vista superior representativa

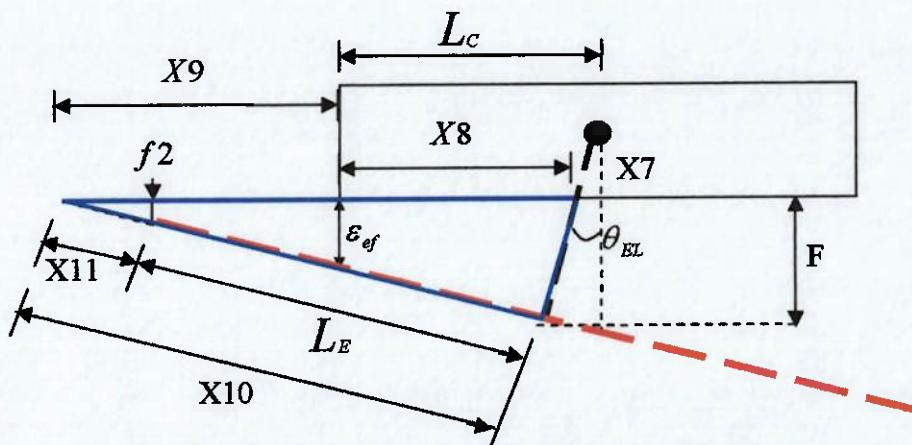


Fig. 3.35: características geométricas na vista lateral

$$X7 = X2 \cdot \operatorname{sen}(\theta_o + \theta_M)$$

$$X8 = L_c - X7 \cdot \operatorname{tg} \theta_{EL}$$

$$X9 = \frac{e_{el}}{\operatorname{tg} \theta_{EL}}$$

$$X10 = (X9 + X8) \cdot \cos \theta_{EL}$$

$$X11 = X10 - L_E$$

$$f2 = X11 \cdot \operatorname{sen} \theta_{EL}$$

A formulação acima fornece uma estimativa para os valores dos comprimentos das barras 1 e 2, para a abertura necessária na caixa que irá contém o mecanismo, permitindo a movimentação necessária da barra 2, e para as dimensões mínimas da caixa citada.

No entanto, o dimensionamento anterior foi calculado supondo-se que a barra 1 estaria posicionada no extremo direito da caixa que contém o mecanismo. No entanto, devido às próprias características do mecanismo, isso não é possível, e a barra 1 foi localizada em uma posição intermediária. Isso leva a uma modificação em algumas dimensões calculadas anteriormente, como o aumento de La e das variáveis X1 e X2 intermediárias no cálculo de L2.

Para obter-se as reais dimensões do mecanismo, recalculou-se as dimensões La, X1 e X2 em função da distância entre o centro da barra 1 e a caixa. A partir dos valores corretos de X1 e X2, recalculou-se as dimensões dependentes destes.

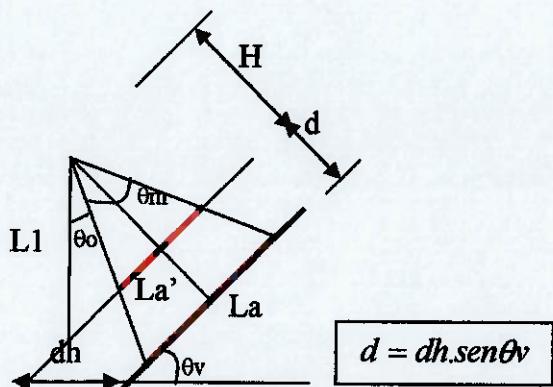
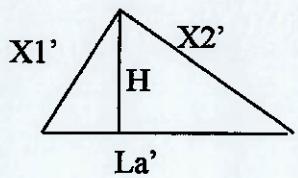


Fig. 3.36: geometria corretiva para dimensional

Usando a notação X' para representar as dimensões antes da correção, tem-se que:



$$H = \frac{2}{La'} \cdot \sqrt{P \cdot (P - La') \cdot (P - X1') \cdot (P - X2')}$$

onde :

$$P = \frac{La' + X1' + X2'}{2}$$

$$\frac{La'}{La} = \frac{H}{H + d}$$

$$La = La' \left(\frac{H + d}{H} \right)$$

Analogamente :

$$X1 = X1' \left(\frac{H + d}{H} \right)$$

$$X2 = X2' \left(\frac{H + d}{H} \right)$$

Mesmo com a correção realizada acima, o posicionamento de motores e a necessidade de transferência de torque através de engrenagens e correias leva à modificações das dimensões que podem ser calculadas pelas fórmulas acima. Essas adaptações são necessárias no momento em que todas as posições das peças são definidas, o que acontece durante a montagem do conjunto do mecanismo. Neste momento, alterações das medidas definidas pela formulação teórica foram feitas sem interferir na movimentação final do espelho.

3.3.6) Definição de características preliminares

Para que o projeto pudesse ser executado com sucesso, algumas medidas e dimensões do veículo e de suas partes foram ser pré-definidas. As medidas utilizadas para o projeto procuram definir de forma fiel os veículos encontrados no mercado, além de serem aplicáveis a maior parte destes. No entanto, para alguns veículos, essas medidas podem não corresponder à realidade, e, neste caso, algumas adaptações seriam necessárias para que o projeto possa ser aplicado.

Sendo assim, definiu-se as características abaixo para o veículo e suas partes:

- Inclinação do vidro em relação a horizontal: 45°
- Largura do espelho retrovisor: 220 mm
- Altura do espelho retrovisor: 60 mm

Com relação ao mecanismo, algumas definições também foram necessárias para determinar as demais dimensões:

- Ângulo inicial entre barras 1 e 2: $\theta_0 = 40^\circ$

Com a determinação de θ_0 e sabendo-se que as barras 1 e 2 estão dispostas conforme figura 3.37, fica evidente que a barra 1 deverá possuir uma abertura, enquanto a barra 2 deverá ter uma porção de seu comprimento mais estreita, de modo a permitir o encaixe entre as barras na configuração inicial.

Estas dimensões foram designadas como H e L e podem ser obtidas conforme ilustrado:

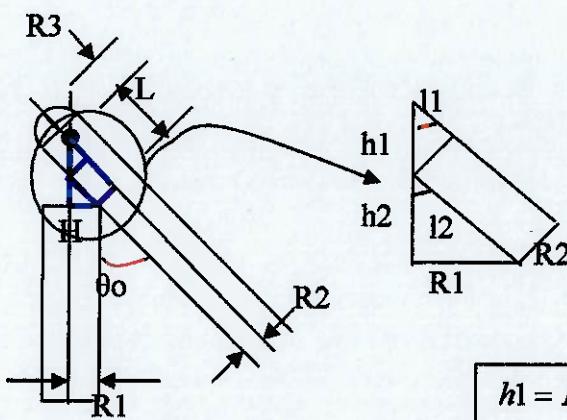


Fig. 3.37: características dimensionais

$$l_1 = \frac{R_2}{\operatorname{tg} \theta}$$

$$l_2 = \frac{R_1}{\operatorname{sen} \theta}$$

$$L = l_1 + l_2$$

$$H = h_1 + h_2$$

$$h_1 = R_2 \cdot \operatorname{sen} \theta$$

$$h_2 = \frac{R_1}{\operatorname{tg} \theta}$$

Para $R_1 = R_2 = 3\text{mm}$ e $\theta_0 = 40^\circ$:

$$L = 8.24 \text{ mm}$$

$$H = 5.50 \text{ mm}.$$

3.3.7) Definição ângulos de movimentação

Para a definição dos ângulos de movimentação necessários ao espelho central, utilizou-se os casos extremos de posicionamento do usuário em relação ao centro do espelho. Definiu-se ainda que o movimento seria suficiente se permitisse que o usuário visse a si mesmo no centro do espelho.

Sendo X, Y e Z as respectivas coordenadas das posições do usuário em relação ao espelho, conforme figura abaixo:

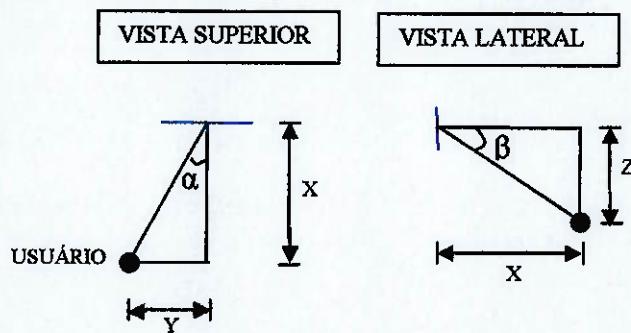


Fig. 3.38: posição do usuário em relação ao espelho

Para a dimensão X, os valores de máximo e mínimo são respectivamente 60 e 30 cm. Já para a dimensão Y, os valores de máximo e mínimo são 30 e 20 cm; e para a dimensão Z, 10 e zero centímetros, respectivamente.

Sendo alfa e beta, os ângulos de movimentação necessários, de modo a fazer com que o espelho fique perpendicular à reta que liga o centro do espelho a ponto de observação do usuário. Conforme figura 3.38, esses ângulos são dados por:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{Z}{X}\right)$$

Considerando os casos extremos listados acima, os ângulos de movimentação máximos são:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\beta = 18.5^\circ$$

Pelos dados acima, é possível notar que a pior condição de uso se dá quando X é mínimo e Y e Z são máximos. As figuras abaixo mostram os campos de visão dos usuários em diferentes condições

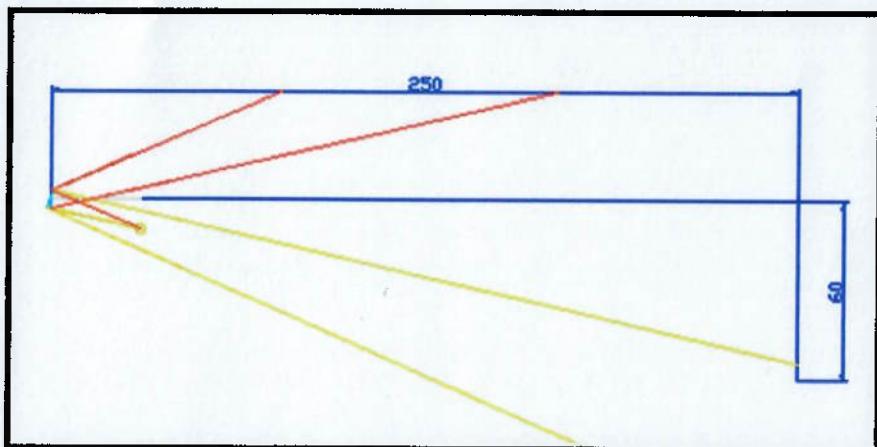


Fig. 3.39: campo de visão do usuário – vista lateral

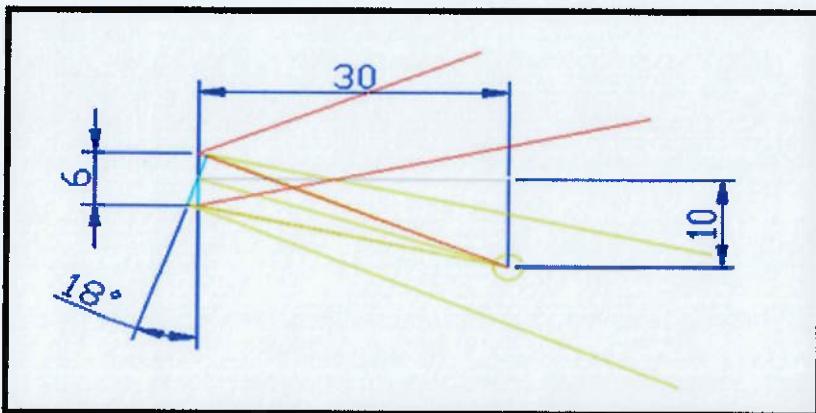


Fig. 3.40: detalhe de campo de visão do usuário – vista lateral

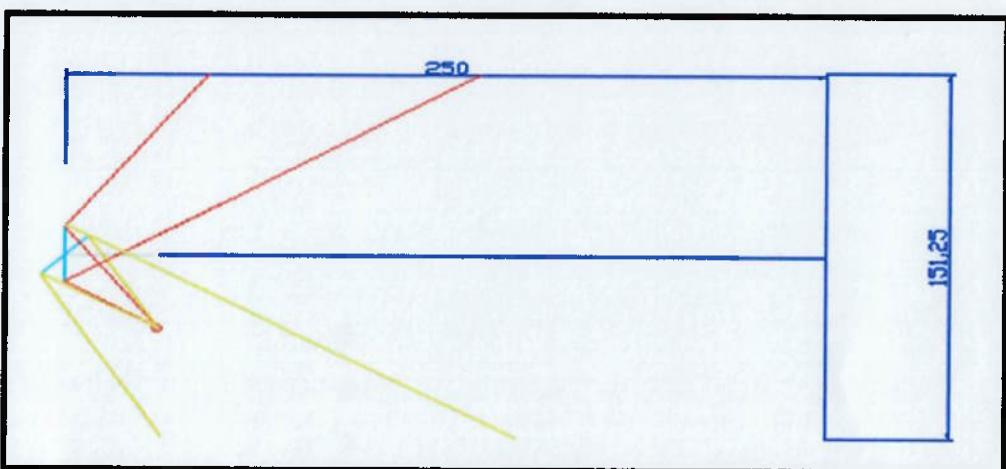


Fig. 3.41: campo de visão do usuário – vista superior

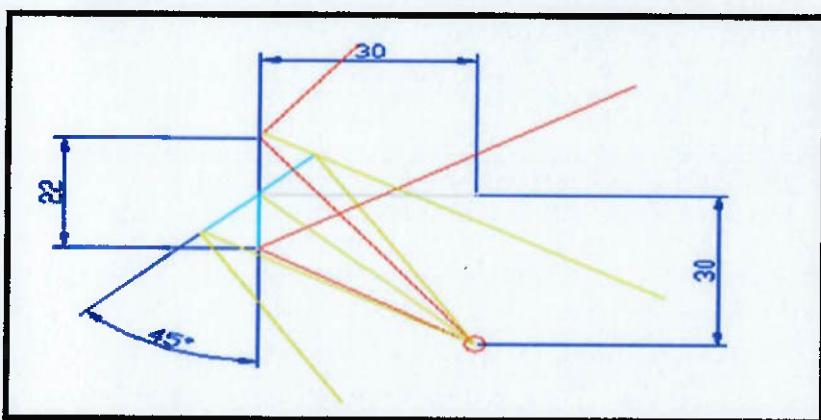
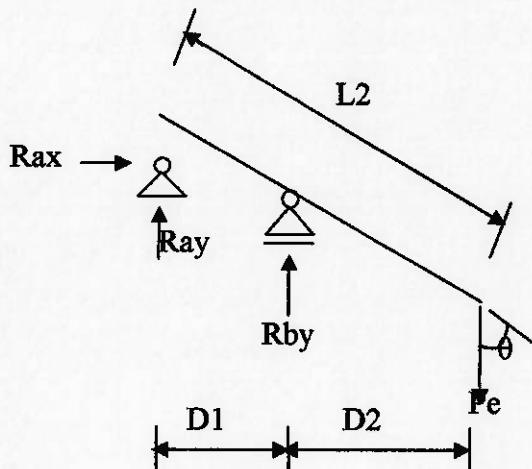


Fig. 3.42: detalhe de campo de visão do usuário – vista superior

3.3.8) Cálculos Estruturais – Escolha de material

A escolha do material utilizado na fabricação do mecanismo foi baseada nos esforços a que a estrutura está submetida.

Considerando que a barra 2 é a mais solicitada mecanicamente, seu estudo determinou o material a ser utilizado em toda a estrutura.



Desprezando-se o peso próprio da barra, a figura 3.43 representa as forças aplicadas e os apoios atuantes na barra.

Na figura, D1 é um valor fixo, assim como L2. No entanto, θ varia com o tempo, e D2 varia com θ .

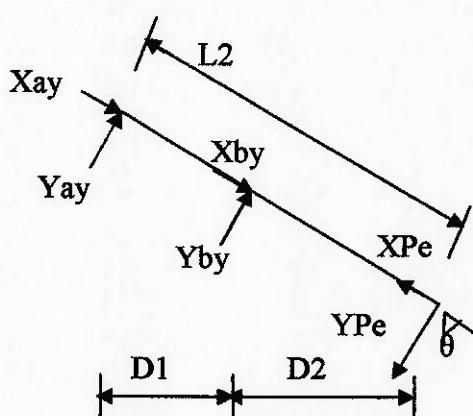
Fig. 3.43 solicitações atuantes na barra

Calculando as reações de apoio:

$$\begin{aligned} Rax &= 0 \\ Ray + Rby &= P_e \\ \Sigma Ma &= Rby.D1 - P_e.L2 \cdot \sin\theta = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rby &= P_e \cdot \frac{L2 \cdot \sin\theta}{D1} \\ Ray &= P_e \left(1 - \frac{L2 \cdot \sin\theta}{D1} \right) \end{aligned}$$

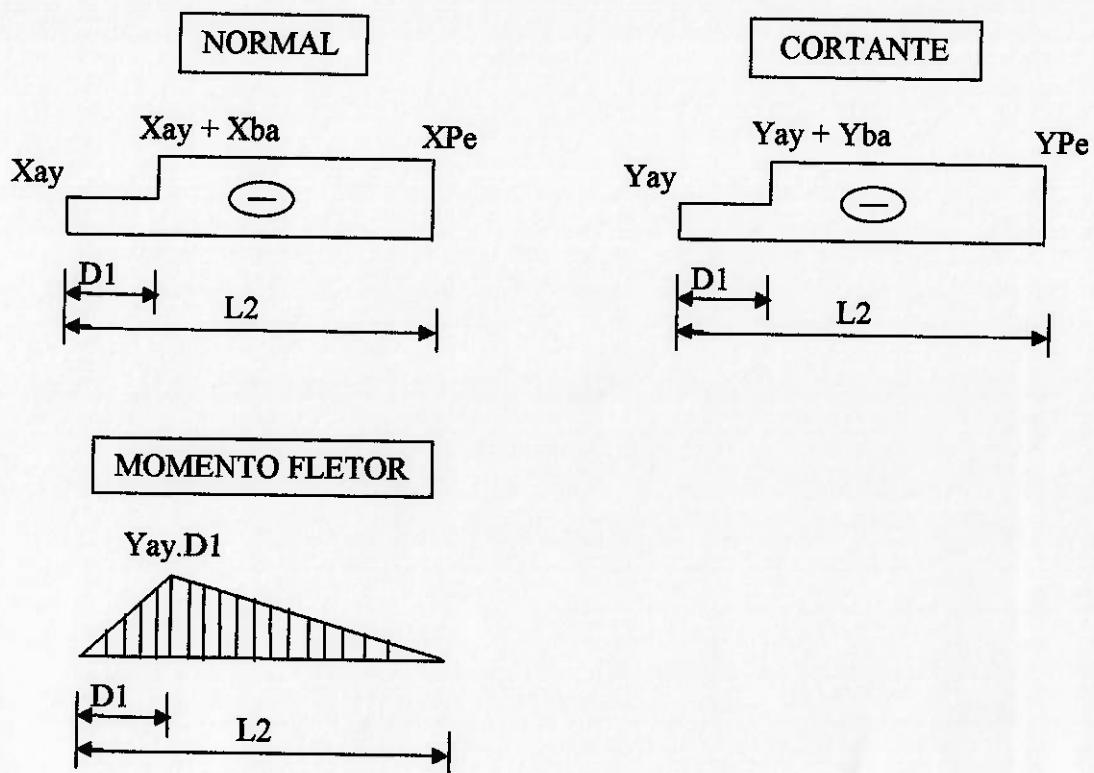
Decompondo os esforços atuantes na barra em relação aos eixos normal e ortogonal a direção da barra:



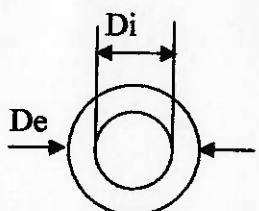
$$\begin{aligned} Xay &= Ray \cdot \cos\theta & Yay &= Ray \cdot \sin\theta \\ Xby &= Rby \cdot \cos\theta & Yby &= Rby \cdot \sin\theta \\ XPe &= P_e \cdot \cos\theta & Peay &= P_e \cdot \sin\theta \end{aligned}$$

Fig. 3.44: diagrama de esforços atuantes

Os gráficos dos esforços solicitantes atuantes na barra têm a forma abaixo:



A secção transversal da barra e suas propriedades são dadas abaixo:



$$I = \frac{\pi \cdot (D_e - D_i)^4}{36}$$

$$A = \frac{\pi \cdot (D_e - D_i)^2}{4}$$

$$\sigma = \epsilon \cdot E$$

onde

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\Delta l}{L_2}$$

Fig. 3.45: secção transversal

Definindo um coeficiente de segurança igual a 2 e fazendo $\sigma = \sigma_{\text{escoamento}}$:

$$\frac{\sigma_{\text{esc}}}{2} = \epsilon \cdot E$$

$$\epsilon_{ADM} = \frac{\Delta l_{ADM}}{L_2} = \frac{\sigma_{\text{esc}}}{2 \cdot E}$$

$$\Delta l_{ADM} = \frac{L_2 \cdot \sigma_{\text{esc}}}{2 \cdot E}$$

Definindo como alongamento máximo admissível $\Delta l_{ADM} = 0.1\text{mm}$, e estimando o comprimento L_2 em 8.5mm , tem-se que o alumínio se mostra o material mais apropriado para a estrutura:

Material	Peso Específico (qf/cm ³)	Módulo de Elasticidade (MPa)	Tensão de Escoamento (MPa)	Tensão Máxima de Ruptura (MPa)
Aço	7,85	$(203 \text{ a } 210) \times 10^3$	210 a 420	350 a 700
Alumínio	2,69	70×10^3	140	210
Cobre	8,88	105×10^3	70 a 315	210 a 420

Tabela 3.7: características físicas dos materiais

$$\Delta l_{ADM} = \frac{0.85 \times 10^{-1} \cdot 140 \times 10^6}{2.70 \times 10^3 \times 10^6}$$

$$\Delta l_{ADM} = 0.85 \times 10^{-4} \text{m} = 0.085 \text{mm}$$

É também necessário garantir que a tensão aplicada à barra não ultrapassa metade da tensão de escoamento do material:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M.y}{Iz} = \frac{XPe}{A} + \frac{Yay.D1.De}{2.I} \leq \frac{\sigma_{esc}}{2}$$

Sendo $De = 6\text{mm}$ e $Di = 3\text{mm}$, a área da secção transversal e o momento de inércia são dados respectivamente por:

$$A = \frac{\pi \cdot (0.006 - 0.003)^2}{4} = 7 \cdot 10^6$$

$$I = \frac{\pi \cdot (0.006 - 0.003)^4}{36} = 7 \cdot 10^{12}$$

No entanto, XPe e Yay dependem de θ , que varia dentro do intervalo: $\theta_0 \leq \theta \leq \theta_0 + \theta_M$.

Estimando o peso do espelho como $P_e = 200\text{g}$ e $D_1 = 2\text{cm}$, tem-se que a variação de σ com θ fica:

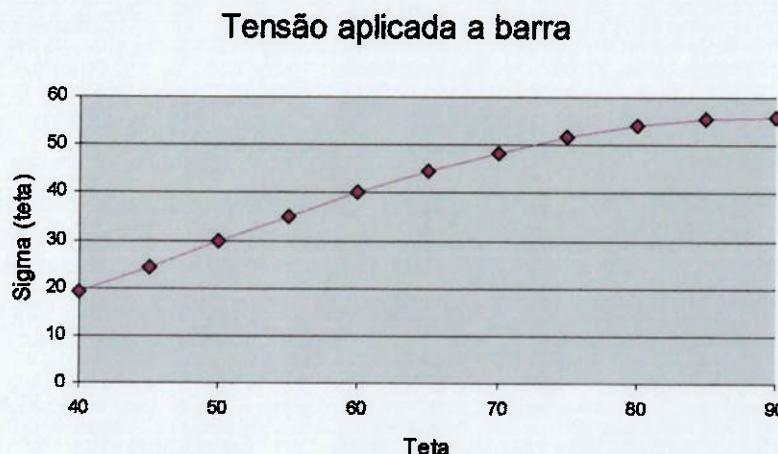


Fig. 3.46: gráfico da tensão atuante na barra em função da posição

Assim, a máxima tensão aplicada a barra ocorre em $\theta = 90^\circ$ e vale 56 MPa, ficando abaixo de 70 MPa, conforme desejado. Nota-se ainda que se trata de uma tensão de compressão.

Além do cálculo demonstrado acima, outros fatores foram levados em conta na escolha do alumínio como material a ser utilizado na estrutura mecânica de movimentação do espelho central. O alumínio é um material leve, durável e bonito, sendo um dos mais versáteis metais em termos de aplicação. Além de apresentar alta resistência à corrosão, o alumínio ainda permite diversos tipos de acabamentos superficiais e é facilmente conformável.

3.3.9) Definição do mecanismo

Para definir o mecanismo, utilizou-se inicialmente os valores dimensionais obtidos na formulação do item 3.3.5. Para solução do equacionamento, partiu-se das características pré-estabelecidas, dadas no setor 3.3.6.

Durante a definição do mecanismo, as dimensões calculadas sofreram pequenas modificações para facilitar a montagem, mas sem influenciar nos ângulos de movimentação do espelho.

Para o posicionamento dos motores e engrenagens, o critério utilizado foi o máximo aproveitamento de espaço, resultando nas menores dimensões possíveis para a caixa que contém o mecanismo. Transferências de torque

foram realizadas através de engrenagens e correia, e as relações de posição e velocidade que elas fornecem são descritas no próximo item.

A figura 3.47 fornece uma perspectiva do mecanismo de movimentação do espelho central.

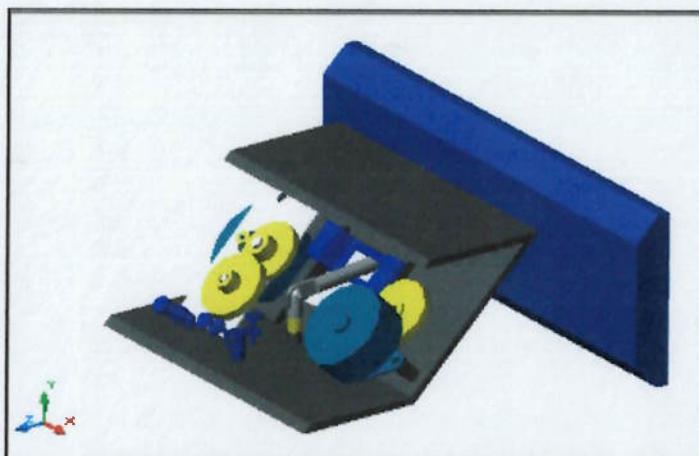


Fig. 3.47: desenho 3D do mecanismo projetado

Seguem em anexo os desenhos técnicos de fabricação de cada uma das peças utilizadas e o desenho de conjunto do mecanismo.

3.3.10) Relações de engrenagens

As engrenagens utilizadas na transferência de movimento do motor para o eixo de rotação que permite o ajuste do espelho em uma das direções têm o formato e as características a seguir:

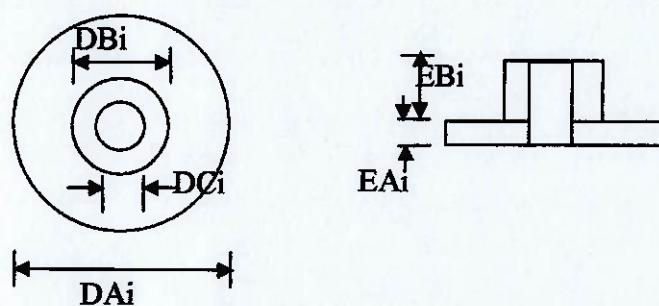


Fig. 3.48: características dimensionais das engrenagens

Conjunto 1	Conjunto 2	Pinhão
DA1 = 25.5mm	DA2 = 27.8mm	D = 6mm
DB1 = 9.8mm	DB2 = 6mm	E = 5mm
DC1 = 5mm	DC2 = 3.6mm	Z = 18 dentes
EA1 = 3mm	EA2 = 3.5mm	
EB1 = 5.7mm	EB2 = 5mm	
ZA1 = 84 dentes	ZA2 = 54 dentes	
ZA2 = 18 dentes	ZB2 = 18 dentes	

As engrenagens são posicionadas conforme esquema da figura 3.49, onde M corresponde ao pinhão do motor e 4 realiza o movimento final desejado.

Sendo V velocidade linear, ω velocidade angular, dL deslocamento linear e $d\Phi$ deslocamento angular, tem-se que:

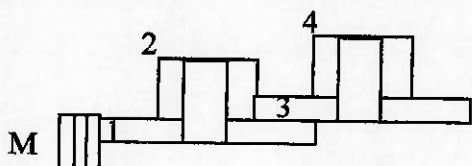


Fig. 3.49: esquema de engrenagens 1

$$dL1 = dLM \rightarrow d\Phi1 \cdot R1 = d\Phi M \cdot RM$$

$$d\Phi1 = d\Phi2$$

$$dL2 = dL3 \rightarrow d\Phi2 \cdot R2 = d\Phi3 \cdot R3$$

$$d\Phi3 = d\Phi4$$

$$d\Phi2 = d\Phi M \left(\frac{RM}{R1} \right)$$

$$d\Phi4 = d\Phi M \left(\frac{RM \cdot R2}{R1 \cdot R3} \right)$$

Analogamente:

$$VM = V1$$

$$\omega 1 = \omega 2$$

$$V2 = V3$$

$$\omega 4 = \omega 3$$

$$\omega 4 = \omega M \left(\frac{RM \cdot R2}{R1 \cdot R3} \right)$$

Dessa maneira, tendo definido que o espelho, e, portanto, o corpo 4, deve rotacionar 45° em torno de seu eixo, as equações e valores de diâmetros dados permitem calcular quantos graus o pinhão do motor rotacionará:

$$45^\circ = d\Phi M \cdot \left(\frac{3 \times 4,9}{12,75 \times 13,9} \right)$$

$$d\Phi M = \frac{45^\circ}{0,083} \cong 540^\circ$$

Portanto, o motor tem um curso de uma volta e meia para alcançar todas as posições desejadas do espelho.

Da mesma maneira, é possível obter a precisão do movimento do espelho. Sendo que cada volta do motor corresponde a 20 passos (1 passo = 18°), a movimentação de 45° do espelho será discretizada em 30 partes. Assim o menor movimento angular possível para o espelho é de $1,5^\circ$.

Para o segundo movimento, uma engrenagem simples, com as dimensões abaixo, é rotacionada pelo pinhão do motor e movimenta uma guia retilínea, na direção perpendicular ao plano da folha, conforme o esquema abaixo:

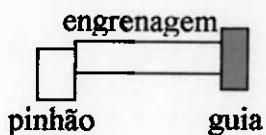


Fig. 3.50: esquema de engrenagens 2

Engrenagem	Pinhão
$D_2 = 27,8 \text{ mm}$	$D_1 = 6 \text{ mm}$
$E_2 = 3,5 \text{ mm}$	$E_1 = 5 \text{ mm}$
$Z_2 = 54 \text{ mm}$	$Z_1 = 18 \text{ dentes}$

Como a guia deve movimentar-se cerca de 2 cm para que o espelho atinja todo o campo de visão desejado, tem-se que o motor deve realizar aproximadamente uma volta, conforme demonstrado abaixo:

$$d_3 = d_2 = d_1 \text{ (deslocamentos lineares)}$$

$$d_3 = \phi_2 \cdot R_2 = \phi_1 \cdot R_1 \quad (\phi \rightarrow \text{deslocamento angular})$$

$$\text{Para } R_1 = 3 \text{ mm}$$

$$\phi_1 = 382^\circ$$

Da mesma maneira, sabendo que cada passo do motor corresponde a 18°, é possível determinar o menor movimento linear da guia, que corresponde à precisão do movimento do espelho.

$$d_{\min} = \frac{18^\circ \cdot \pi \cdot 3}{360^\circ} = 0,47 \text{ mm}$$

4. HARDWARE

Para o desenvolvimento das PCI (placa de circuito impresso) fez-se uso do Protel, software profissional da empresa Altium.

Este se fez bastante útil uma vez que pode gerar vistas em três dimensões das placas, lista de materiais, arquivos para fabricação, testes de continuidade entre outros.

Dois hardwares compõem o projeto, um de controle e outro de acionamento, e serão relatados adiante. Esta divisão foi realizada com o objetivo de permitir que cada uma das placas seja alocada em diferentes posições no veículo, além de facilitar na busca de erros durante a fase de teste.

4.1 HARDWARE DE CONTROLE

Este, composto basicamente por um microcontrolador e algumas chaves tátteis, apresenta dimensões mínimas, visto que se objetiva alocá-lo no console da porta lateral do motorista. Para isso, todos os componentes utilizados são de tecnologia SMD (Surface Mounted Device). Além de apresentarem encapsulamentos menores e mesmo custo, demanda menor mão-de-obra no processo de soldagem.

As figuras 4.4 e 4.5, são uma prévia em três dimensões da placa de controle, gerada pelo software.

4.1.1 Funcionamento

Para melhor compreensão, o circuito de controle pode ser analisado como duas unidades: alimentação e controle.

Composta apenas por um regulador e um capacitor de filtragem, a alimentação

da bateria é regulada para 5V, tensão essa que será fornecida para o microcontrolador.

A figura 4.1, retirada do software Protel, mostra a unidade reguladora.

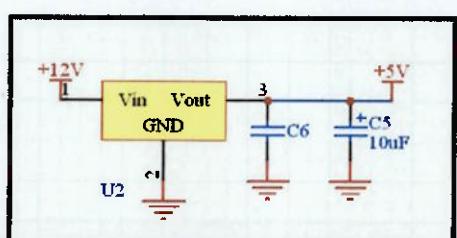


Figura 4.1: Unidade Reguladora

Um pouco mais complexa, a unidade de controle é composta basicamente pelo microcontrolador e algumas chaves tátteis e será um pouco mais discutida, uma vez que é responsável por todo controle de movimentação dos motores, memorização dos registros de cada posição e interface com o usuário.

O usuário tem a disposição um joystick para movimentação nas quatro direções, uma chave de seleção de três posições (espelho lateral, central e direito) e três botões de memória para registrar diferentes posições. Todas essas chaves estão ligadas diretamente na porta B do PIC, que dispensa resistor de pull-up, diminuindo o número de componentes da placa.

Uma chave táctil em especial é responsável pelo registro da posição de origem. Esta é utilizada apenas pelo programador e portanto não fica disponível para o usuário.

Os sinais de controle para o motor são enviados à placa de acionamento. São eles: sentido, trem de pulsos (clock), modo de operação (meio passo ou passo completo), controle, reset, enable geral, enable (1, 2, 3, 4, 5 ou 6). Estes últimos serão responsáveis pela escolha do motor que será acionado.

Uma campainha e um led também foram incluídos no projeto, a fim de se ter um aviso sonoro ou luminoso toda vez que for memorizada uma posição. Foram reservadas ainda, as portas de comunicação (Rx e Tx) para uma eventual comunicação com outro dispositivo inteligente, como computador de bordo.

Dois capacitores de desacoplamento (0,1 μ F e 100 μ F) são necessários para o bom funcionamento do microcontrolador.

Abaixo, a unidade de controle retirada do esquema elétrico da placa de controle.

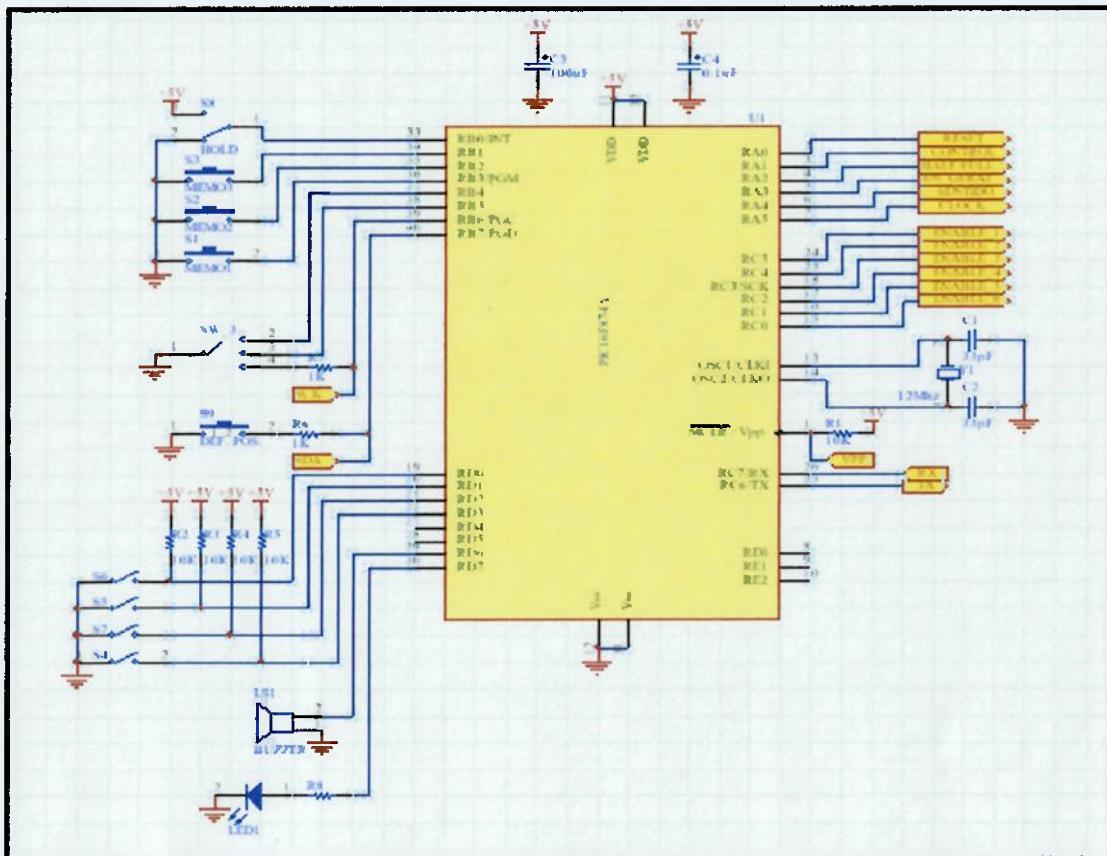


Figura 4.2: Unidade de Controle

4.1.2 Layout

A PCI utilizada é de fibra de vidro com dupla-face, permitindo trilhas de cobre nos dois lados da placa.

Com dimensões inferiores à 55x65mm podendo ser ainda menor, dependendo das chaves que forem escolhidas, a placa de controle mostra-se muito versátil e pode ser alocada em diferentes locais do veículo.

Note que com exceção aos conectores e da chave seletora, todos os demais componentes são de tecnologia SMD. Esse tipo de componente exige equipamentos de inserção automática. Basicamente, retira-se o componente

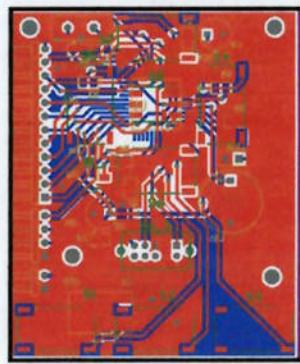


Figura 4.3: Layout PCI de controle

da embalagem, se fixa no lugar correspondente com auxílio de uma cola, para posteriormente levá-la ao forno de solda. Duas grandes vantagens para esse tipo de tecnologia são a eliminação de possíveis erros humanos e menores prazos de fabricação.

Observa-se que a placa já apresentará furação necessária para fixação.

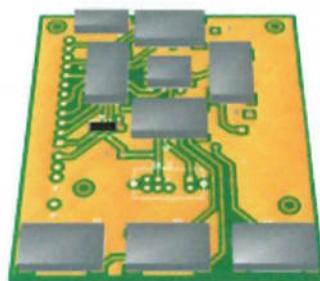


Figura 4.4: top layer

Com o auxílio do software, a seguir uma prévia em três dimensões da placa de controle. Esse artifício se mostrou muito útil, uma vez que pode dimensionar o espaço que a placa ocuparia. A figura 4.4 apresenta a visão do layer superior da placa, onde estão dispostas todas as chaves tácteis.

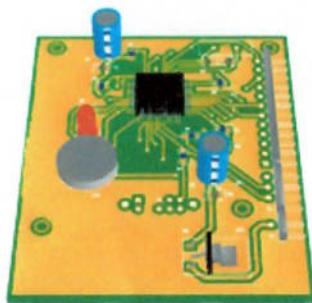


Figura 4.5: bottom layer

Em seqüência, a visão do layer inferior da placa, onde estão dispostos os componentes restantes do circuito. Note que a placa, ainda que pequena, apresenta uma grande área inutilizada que poderia ser minimizada. Isto seria possível caso fossem utilizadas chaves tácteis diferentes das escolhidas. Mais adiante, serão apresentados todos os componentes selecionados, e essa questão será abordada novamente.

4.1.3 Componentes

Todos componentes foram selecionados após um pré-estudo, onde fatores como dimensão, limites de temperatura, custo e disponibilidade no mercado foram decisivos. Na seqüência, uma breve descrição dos componentes mais importantes, apontando essas características.

Microcontrolador

O modelo escolhido foi o PIC16F458 da família Flash, fabricado pela Microchip. Por ser um componente de arquitetura complexa, abaixo estão relatadas alguma das principais características deste que é o principal item do

projeto. Ao final do documento estão anexadas partes importantes do datasheet do PIC em questão.

Número de Entradas e Saídas (I/Os)

Com um total de trinta e três I/Os (entradas e saídas) divididas em quatro portas (A, B, C e D), onde a porta A pode operar como porta analógica (ADC ou Comparador) e a porta B já apresenta *pull up* interno. Esse modelo de PIC cobre todas as entradas e saídas necessárias restando ainda algumas para eventuais atualizações.



Figura 4.6: ilustração do PIC

Dimensões do Encapsulamento

O PIC em questão apresenta diversos encapsulamentos, entre eles PDIP, PLCC e TQFP. As dimensões variam de 36mm² a 272mm². Diante às circunstâncias, o TQFP foi escolhido por apresentar o menor encapsulamento e por dispensar o uso de soquetes, que não seriam adequados, porque o ambiente de operação apresenta muita vibração.

Memória

Com um total de 32K de memória flash, 1536 bytes de RAM e 256 bytes de EEPROM, este microcontrolador suporta todo conteúdo do código fonte e ainda disponibiliza endereços na EEPROM para memória dos usuários.

Modo de gravação

Suporta gravação diretamente no circuito. Conhecida como ICSP (in-Circuit Serial Programming), esse modo de gravação é necessário quando utilizado encapsulamentos diferentes do DIP.

Tempo de Retenção da EEPROM

A Microchip garante um tempo de retenção da EEPROM de mais de 40 anos.

Modo Descanso

A fim de consumir o mínimo de corrente possível da bateria do carro, o uso deste modo é imprescindível, uma vez que o microcontrolador consome uma corrente da ordem de nano ampere quando não utilizado. Assim que pressionado qualquer botão, uma interrupção é gerada no programa e o programa volta a operar normalmente.

Proteção do Código Fonte

O código fonte é única parte no projeto que garante a autenticidade do produto e o protege contra cópias. Diferentemente de circuitos analógicos, sistemas inteligentes impendem com que empresas copiem o projeto, que não funcionam sem um código fonte.

Chaves tácteis

Após intensa pesquisa, encontrou-se chaves que, dispostas corretamente, simulam um joystick. Fabricadas pela MEC, localizada na Dinamarca e representada no Brasil pela Metaltex, essas chaves apresentam um diferencial importantíssimo. Sua vida útil ultrapassa 10 milhões de ciclos, garantindo grande confiabilidade ao produto.



Figura 4.7: Chaves

Conectores

Para conexão entre a placa de controle e a placa de acionamento, bem como para alimentação e gravação do PIC, escolheu-se um conector que fosse

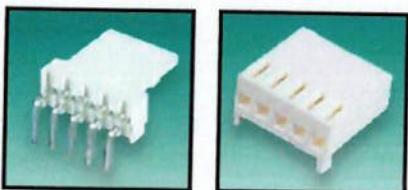


Figura 4.8: Conectores PCI - cabo

ao mesmo tempo barato, pequeno e que apresentasse trava para o cabo. Com montagem em PCI e ângulo de 90°, este conector foi a melhor opção encontrada. As duas figuras ilustram o conector e seu respectivo alojamento.

Regulador

Com tecnologia SMD e corrente máxima de saída de 500mA, o regulador 7805 será o responsável por transformar os 12 Volts da bateria em 5 Volts. É importante ressaltar que este componente é o único que exige uma área de cobre na própria placa para dissipação de calor. Ao final do documento está anexado o datasheet onde se pode encontrar um gráfico que relaciona a área com a temperatura do componente.

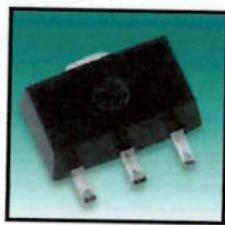


Figura 4.9: CI

Resistores e Capacitores

Todos os capacitores cerâmicos e resistores são SMD, com encapsulamento 0805, facilmente encontrado no mercado. Na figura 4.10 tem-se uma ilustração destes componentes.



Figura 4.10:
encapsulamento 0805

4.1.4 Lista de Materiais

Na tabela em anexo, estão todos os *part numbers* dos componentes utilizados, bem como sua identificação na placa e uma idéia de preço no atacado.

4.2 HARDWARE DE AÇÃOAMENTO

Composto basicamente por um driver de acionamento de motores de passo, e seis reles de potência, este hardware recebe informações necessárias para que o circuito integrado L6228 gere a matriz de acionamento. A exemplo da placa de controle, esta também faz uso de componentes SMD, sempre objetivando reduções nas dimensões da PCI. O hardware deverá ser alocado na parte interna do painel do veículo.

4.2.1 Funcionamento

Hardware de simples compreensão possui uma unidade reguladora com capacitores de filtragem e um diodo zener para regular os 12 Volts provindos da bateria. Diferentemente da unidade reguladora da placa de controle, desta vez a alimentação é de 12 Volts, bastando filtrar e assegurar um sinal limpo. Essa parte do circuito pode ser visualizada ao lado na figura 4.11.

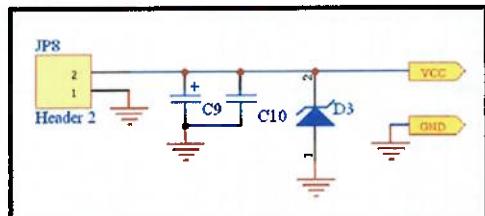


Figura 4.11: Unidade Reguladora

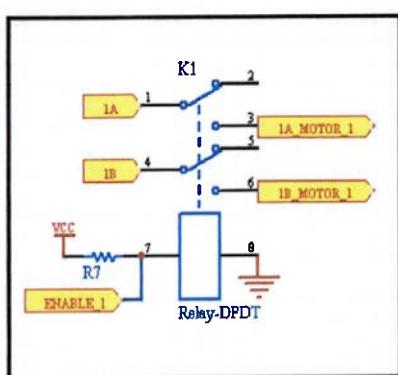


Figura 4.12: Unidade Comutadora

No mesmo circuito, existe a unidade comutadora, formada por seis reles e seus resistores de *pull up*. A bobina de cada rele recebe o seu respectivo sinal de enable do PIC, para que este comute o motor adequado. Por exemplo, caso deseje-se acionar o motor 1, a saída do PIC responsável por este (enable1) ativará o rele 1, enquanto todos os outros estarão em aberto. Logo só o motor 1

será acionado.

O objetivo dessa lógica é fazer uso de apenas um driver de acionamento de motor de passo (L6228). Isso torna a PCI pequena e ao mesmo tempo de baixo custo.

A figura 4.12 mostra um dos seis reles e suas ligações. Note que o rele possui duas chaves reversíveis, uma para comutar o enrolamento A e outra para o enrolamento B.

O componente L6228 interpreta todas informações do PIC e gera a matriz de acionamento. Ele é capaz de acionar apenas um motor, por isso a utilização de reles se fez necessária.

Retirado do esquema elétrico completo, a figura 4.13 mostra com detalhes todas as ligações que envolvem este componente.

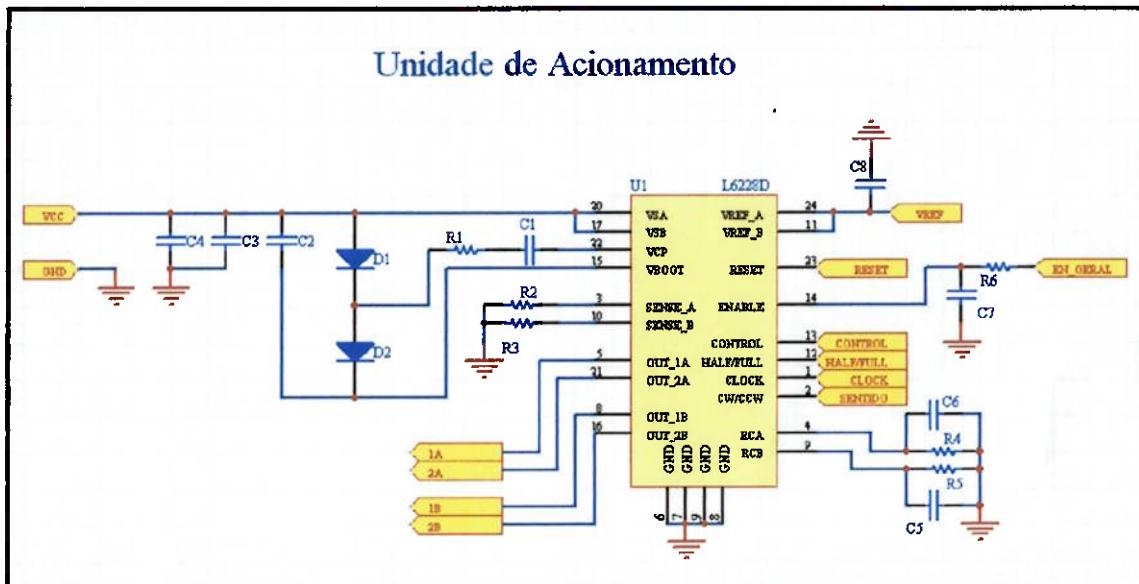


Figura 4.13: Unidade de acionamento

4.2.2 Layout

Seguindo os passos do hardware de controle utilizou-se o mesmo material: placa de fibra de vidro, com dupla face. Para a PCI de acionamento em especial, é essencial a utilização de placas de fibra de vidro, pois o cobre adere melhor a esse material. Note que o ambiente a que essa placa será exposta pode chegar a temperaturas elevadas e apresentar muita vibração, daí a importância de sua utilização.

A exemplo da placa de controle, esta também

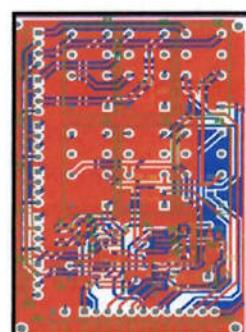


Figura 4.14: layout PCI de acionamento

apresenta boa versatilidade, com dimensões inferiores a 53x68 mm, podendo facilmente ser fixada em qualquer parte interna do painel. Vale ressaltar que essas medidas podem ainda diminuir em até 30%, porque já existem reles com a metade do tamanho dos utilizados. Por se tratar de um componente importado e não haver empresas que o representasse no Brasil, optou-se pela não utilização dos mesmos, pois assumiriam valores exorbitantes diante à quantidade de impostos exigidos pelo governo.

Pode-se observar o layout desta PCI na figura 4.14, onde os layers superior e inferior estão representados pelas cores vermelho e azul respectivamente.

Uma prévia da PCI de acionamento pode ser vista na figura 4.15, observe que existe uma grande área de cobre para o terra, porque o componente L6228 dissipava muito calor. Vale ressaltar que este componente reserva quatro pinos do seu encapsulamento para ser aterrado e poder dissipar

seu calor na própria PCI. Em anexo no final deste documento, encontram-se alguns gráficos que relacionam a área de cobre com a temperatura de operação, tudo isso foi analisado antes da confecção da placa.

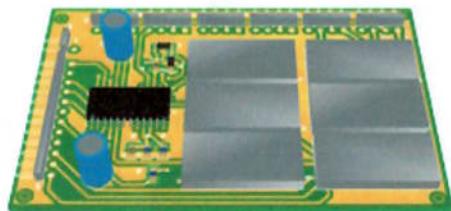


Figura 4.15: Top layer

Os objetos em cinza representam os seis

reles. Note que são eles que ditam as dimensões do hardware.

4.2.3 Componentes

Nas próximas linhas uma breve descrição dos componentes mais importantes do hardware em análise.

Reles

Com uma corrente máxima de comutação de 2 amperes, dois contatos reversíveis e limites de temperatura de operação de -40° a 85° C, estes reles atendem perfeitamente as condições impostas pelo

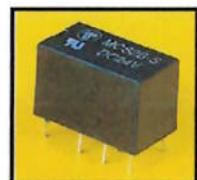


Figura 4.16: Rele

ambiente de operação. Dimensões, resistência de impacto e vibrações, tensão máxima de comutação entre outras características podem ser encontradas no anexo.

Driver de motor de passo

Este componente contém todo circuito necessário para acionamento de motores de passo bipolar. Opera entre 8 e 52 Volts, com corrente de pico de 2,8 Amperes (1,4A RMS) e freqüência de até 100KHz. Além dessas características, ele ainda possui proteção contra altas temperaturas e curto circuito.

Fabricado pela ST Microelectronics, este novo componente é pouco usado no Brasil mas, independente disso, existem muitos representantes que fornecem este componente sem grandes dificuldades, bastando haver um planejamento de compras.

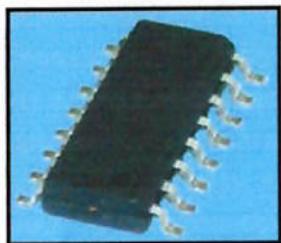


Figura 4.17: L6228

O ponto diferencial desse componente em relação aos demais, é que ele inclui, no mesmo encapsulamento, toda parte lógica de geração da seqüência de acionamento e ainda fornece corrente para o motor.

O L6228 possui uma entrada para *Half/Full step*, *enable*, *sentido* e *clock*, todas estão conectadas às respectivas I/Os do microcontrolador.

Os capacitores, resistores e diodos utilizados são semelhantes aos da placa de controle, com tecnologia SMD. O mesmo acontece com o tipo de conector, já mencionado no hardware de controle.

4.2.4 Lista de Materiais

Na tabela em anexo, estão todos os *part numbers* dos componentes utilizados, bem como sua identificação na placa e uma idéia de preço no atacado.

ambiente de operação. Dimensões, resistência de impacto e vibrações, tensão máxima de comutação entre outras características podem ser encontradas no anexo.

Driver de motor de passo

Este componente contém todo circuito necessário para acionamento de motores de passo bipolar. Opera entre 8 e 52 Volts, com corrente de pico de 2,8 Amperes (1,4A RMS) e freqüência de até 100KHz. Além dessas características, ele ainda possui proteção contra altas temperaturas e curto circuito.

Fabricado pela ST Microelectronics, este novo componente é pouco usado no Brasil mas, independente disso, existem muitos representantes que fornecem este componente sem grandes dificuldades, bastando haver um planejamento de compras.

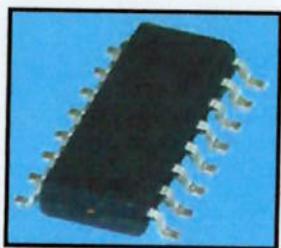


Figura 4.17: L6228

O ponto diferencial desse componente em relação aos demais, é que ele inclui, no mesmo encapsulamento, toda parte lógica de geração da seqüência de acionamento e ainda fornece corrente para o motor.

O L6228 possui uma entrada para *Half/Full step*, *enable*, *sentido* e *clock*, todas estão conectadas às respectivas I/Os do microcontrolador.

Os capacitores, resistores e diodos utilizados são semelhantes aos da placa de controle, com tecnologia SMD. O mesmo acontece com o tipo de conector, já mencionado no hardware de controle.

4.2.4 Lista de Materiais

Na tabela em anexo, estão todos os *part numbers* dos componentes utilizados, bem como sua identificação na placa e uma idéia de preço no atacado.

5. SOFTWARE DE CONTROLE

Para facilitar o entendimento do Software de controle é necessário conhecer o funcionamento da interface com o usuário, de onde provêm os dados de entrada do programa. Este funcionamento é explicado no item a seguir.

5.1 INTERFACE COM USUARIO

A interface com o usuário consiste em três botões correspondentes às posições da memória, uma chave seletora de três posições referentes à escolha do espelho que é acionado e um Joystick para a movimentação manual dos espelhos.

Cada um dos botões de memória está ligado a uma entrada do microcontrolador. Esta entrada é mantida em nível lógico 1 (Vcc) e vai a zero quando o botão é pressionado. As entradas são constantemente monitoradas pelo microcontrolador, detectando quando um botão é pressionado.

Quando o usuário der um simples toque no botão, o microcontrolador entenderá que o ele deseja acessar a posição da memória referente ao botão pressionado e acionará os motores até que o espelho atinja a posição correspondente.

Caso o usuário mantenha o botão pressionado por um intervalo de tempo maior, o microcontrolador interpretará que ele deseja salvar a atual posição do espelho na memória correspondente a este botão.

Vale ainda citar que todos os botões possuem um intervalo mínimo em que devem ser mantidos pressionados para que o microcontrolador admita esta condição. Este intervalo, conhecido como “debounce,” serve para evitar que simples esbarços seja detectados pelo microcontrolador como acionamentos.

Além disso, existem ainda outros dois botões, denominados Hold e Set_up. O botão Hold serve para impedir o acionamento dos outros botões em momentos inoportunos, e o Set_up é usado para definir uma posição de origem, a partir da qual todas as demais posições serão definidas. O botão de Set_up será utilizado apenas na fase de montagem do produto, sendo portanto um componente SMD,

de dimensões bastante reduzidas e localizado no interior do painel, sem permitir o acesso pelo usuário.

A chave seletora de três posições está ligada a três entradas do PIC, conectadas a um pull-up que as mantém em nível lógico 1. Cada entrada do microcontrolador corresponde a um dos espelhos. A posição escolhida na chave leva a entrada correspondente a zero. Sendo assim, como necessariamente uma das posições sempre estará selecionada, duas entradas do PIC são mantidas em nível lógico 1 e a outra em zero. A entrada em zero que corresponde ao espelho a ser acionado.

O joystick é utilizado pelo usuário para a movimentação dos espelhos, indicando qual motor deverá ser em qual sentido ele deverá ser acionado. Neste caso, assim como no anteriores, as entradas do microcontrolador referentes ao joystick são mantidas em 1, através de um pull-up, e vão a zero quando a chave é acionada pelo usuário. No entanto, a quantidade de entradas utilizadas para representar todos os estados necessários varia de dois a quatro, caso seja utilizada uma matriz lógica.

No projeto, foram utilizadas quatro entradas do microcontrolador para a movimentação manual, cada uma delas correspondendo a um sentido.

Há ainda uma saída do microcontrolador destinada a um buzzer e outra destinada a um led. Ambos são utilizados para passar informações adicionais ao usuário ou confirmar ações do microcontrolador. O buzzer emite um sinal quando uma posição de memória é gravada e o led se mantém aceso durante o período de tempo necessário à gravação ou quando o botão hold é acionado.

5.2 FLUXOGRAMAS

Os fluxogramas a seguir procuram demonstrar a estrutura de funcionamento do programa. De início, serão bastante abrangentes, e vão sendo detalhados a medida que a leitura evolui.

O programa monitora constantemente as entradas e pode definir três grandes estados de funcionamento: Set_up, Hold e Em_uso.

O estado Set_up é utilizado apenas na fase de montagem do produto ou em possíveis manutenções e é acionado através do botão Set_up. Neste estado define-se a posição em que o espelho se encontrar no momento como a origem do sistema. A partir desta referência, os espelhos são movimentados até um número limite de passo do motor. O número limite de passos dos motores para os espelhos laterais é cinco. Para o espelho central, o limite é de trinta passos para o movimento de rotação em torno da barra1 e vinte para o movimento linear da guia.

O estado Hold é mantido enquanto o botão Hold estiver acionado. Quando o programa se encontra neste estado, nenhuma outra entrada do microcontrolador é lida, evitando que o espelho seja movimentado em momentos indesejados.

O último estado em que o programa pode se encontrar é o mais comum, denominado Em_uso. Nesta situação, o espelho pode ser movimentado manual ou automaticamente e as posições da memória podem ser gravadas ou acessadas.

O fluxograma abaixo ilustra as condições citadas acima:

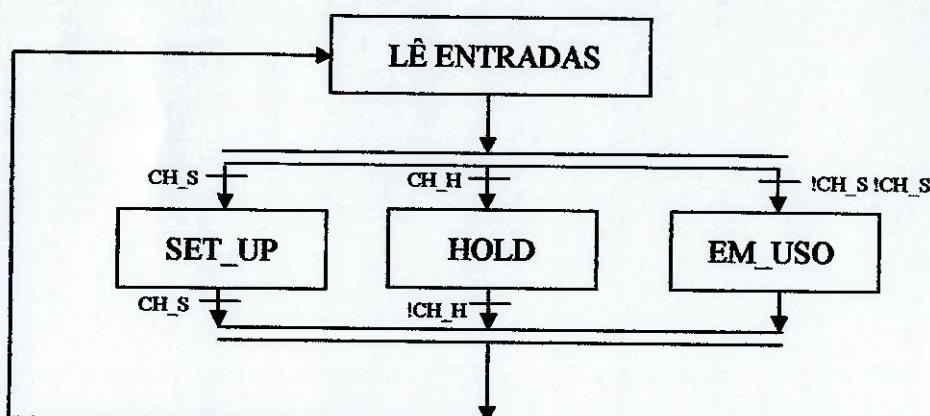


Figura 5.1: fluxograma geral do software de controle

A notação de barra dupla utilizada na figura 5.1 indica a operação lógica "OU". CH_S e CH_H representam as entradas correspondentes aos botões de Set_up e Hold, e a notação "!" representa a negação destas entradas.

Daqui por diante será utilizada a mesma notação para indicar as entradas da chave de memória, das chaves seletoras e das chaves do joystick, sendo respectivamente:

CH_Mi (i=1,2,3), CH_SLi (i=1,2,3) e CH_Ji (i=1,2,3,4).

Enquanto o programa estiver em uso, pode ser realizado o acionamento manual, o acionamento automático ou a gravação da posição escolhida. O fluxograma da figura 5.2 descreve este funcionamento. Note que este fluxograma apresenta também a barra simples, que é utilizada para indicar a operação lógica “E”.

Os tempos Tb e Tg são, respectivamente, os tempos de “debouse” e de gravação.

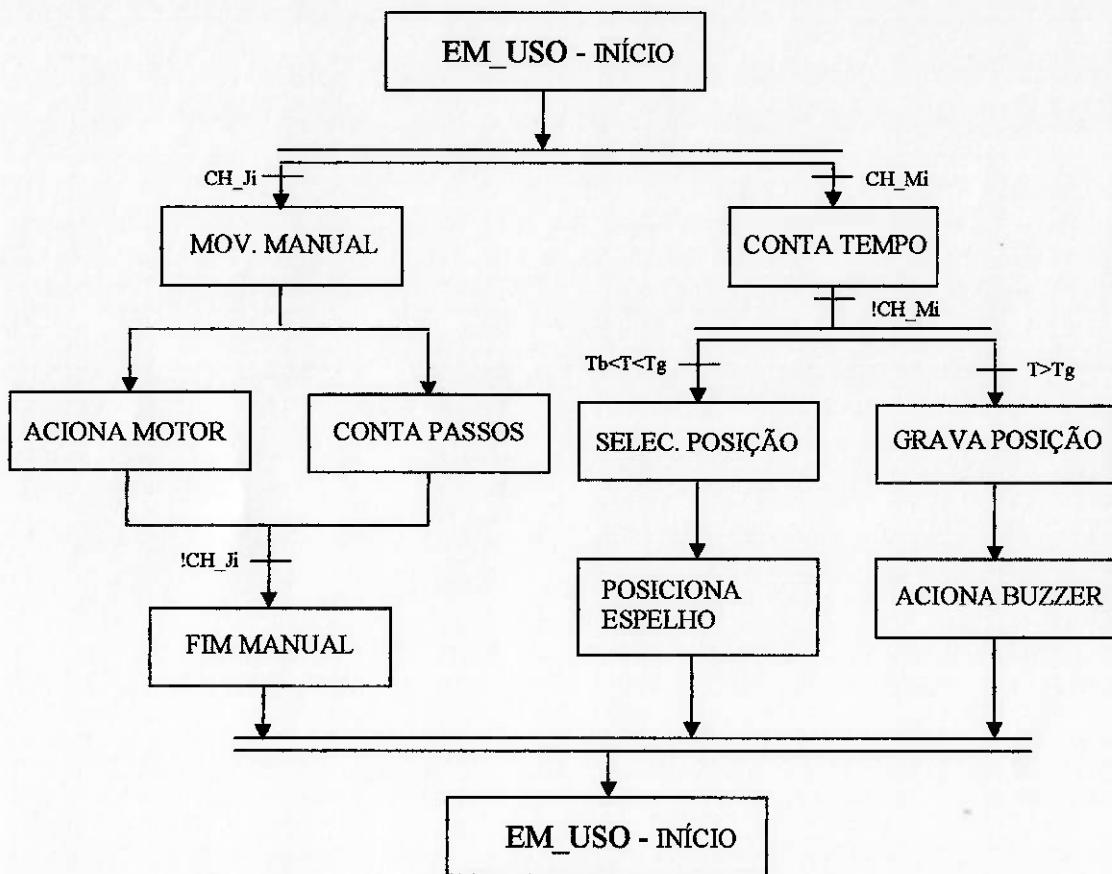


Figura 5.2: fluxograma detalhado

O acionamento do motor é realizado através do envio de bits de enable, sentido e clock, além de informações complementares como operação em meio passo ou passo completo.

Como os motores são acionados um a cada vez, existe apenas uma porta do pic utilizada para o envio do sentido e uma para o clock. Já para o enable, são utilizadas sete portas, sendo que enables de 1 a 6 são utilizados na lógica de reles da placa de acionamento e correspondem ao motor que deverá ser acionado. O sétimo enable é utilizado para ativar o driver e deve ser habilitado sempre que um dos motores estiver sendo acionado.

O posicionamento dos espelhos, de acordo com uma posição da memória selecionada, é realizada através da comparação dos números de passo da posição atual com os passo da posição memorizada. Assim, é possível determinar quantos passo serão necessários para se atingir a posição desejada.

5.3 PROGRAMACAO

Para a programação do PIC foi utilizado o programa E_PIC_Win, onde se utiliza a linguagem C.

O Software foi divido em funções de leitura e interpretação de dados provenientes da interface com o usuário, funções de saída para acionamento de motores, led e buzzer, funções de monitoramento da posição do espelho no espaço, funções de memorização de posição e funções de acionamento automático do espelho, além do programa principal. Este, por sua vez, monitora constantemente as entradas provenientes do usuário e através do processamento correto destas informações chama as funções correspondentes.

Segue em anexo o código fonte da programação, devidamente comentado.

6. CONCLUSÃO

O objetivo de desenvolver um projeto de um produto com real aplicação e possível introdução no mercado foi atingido, conseguindo atingir restrições severas com relação ao tamanho dos mecanismos e hardwares.

As maiores dificuldades encontradas no projeto foram notadas na fabricação do protótipo do mecanismo de movimentação do espelho central. A necessidade de improvisação e de adaptação de materiais disponíveis contribuíram para que esta etapa fosse a mais complicada. Além disso, as reduzidas dimensões do protótipo, visando às necessidades da aplicação, dificultaram a conformação e fixação das partes.

Por consequência, esta parte do protótipo seria a única a necessitar de melhorias e adaptações para a instalação em veículos, principalmente com relação à robustez do mecanismo, resistindo melhor a impactos e vibrações. Peças e ajustes mais precisos tornariam o mecanismo satisfatório para a aplicação, no entanto, elevariam o custo do protótipo e o tempo de elaboração.

Tanto os hardwares quanto o software não necessitam de adaptações para sua aplicação, bastando definir suas localizações e fixações dentro do veículo.

Apesar do projeto ser destinado a retrovisores de dimensões específicas, não há perda de versatilidade do produto, já que simples adaptações seriam suficientes para utilização em veículos diferentes. Além disso, a facilidade de programação do microcontrolador, que é feita na própria placa de controle permite atualizações do produto sem dificuldades.

Sugere-se como complementos futuros deste trabalho, o estudo de melhoria da robustez do mecanismo central, bem como a definição do melhor método de fixação deste no veículo e a integração do controle com sistemas inteligentes presentes em alguns veículos, como computadores de bordo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cipelli, A. M. V., Markus, O. and Sandrini, W. J., 2002, "Teoria e Desenvolvimento de Projeto de Circuitos Eletrônicos", 19th Edition, Ed. Érica, São Paulo, 445p.

Ogata, K., 2003, "Engenharia de Controle Moderno" , 4th Edition, Prentice Hall, 780p.

Popov, E. P., 1998, "Engineering Mechanics of Solids", 2nd Edition, Prentice Hall, New Jersey, 864p.

Pereira, F., 2004, "Microcontroladores PIC – Programação em C", 3rd Edition, Ed. Érica, São Paulo, 358p.

Taub, Herbert, "Circuitos Digitais e Microprocessadores", McGraw-Hill.

Protel DXP 2004 – Training Manual, Altium Limited.

www.microship.com. Site de fabricante.

Acesso em: 15/10/2005

www.st.com Site de fabricante.

Acesso em: 20/10/2005

www.minebea.com Site de fabricante.

Acesso em: 14/08/2005 – 20:00 hs

Catálogo de componentes eletrônicos, farnell do BrasilLtda. – Edição 03 / ano2001

ANEXO A: Código Fonte

```
prog_final_2.c
#include "C:\Documents and Settings\Augusto\Meus
documentos\TF\programa\prog_final_2.h"

#include <stdio.h>
#ZERO_RAM

//declaração das variáveis
short int ja_contou;
short int modo_operacao;
short int inicia_contagem;
short int sel_left;
short int sel_right;
short int sel_central;
short int tecla_left;
short int tecla_right;
short int tecla_up;
short int tecla_down;
short int tecla_m1;
short int tecla_m2;
short int tecla_m3;
short int tecla_setup;
short int botao_hold;
int posicao_motor_1;
int posicao_motor_2;
int posicao_motor_3;
int posicao_motor_4;
int posicao_motor_5;
int posicao_motor_6;
int posicao_1;
int posicao_2;
int posicao_3;
signed int conta_passos;
signed int diferenca_passos;
int espelho;
int tecla;
int grava_memo_1;
int grava_memo_2;
int grava_memo_3;
int acessa_memo_1;
int acessa_memo_2;
int acessa_memo_3;
int16 tempo_botao_123;
int16 tempo_botao;
```

prog_final_2.c

```
int16 tempo_buzzer;
int16 tempo_motor;
int16 tempo_led;

int posicao_memo_1_motor[7];
int posicao_memo_2_motor[7];
int posicao_memo_3_motor[7];

int conta_passos_motor[7];

//declaração das funções
void inicia(void);
void aciona_motor(int motor,int sentido_rot, int modo, int num_passos);
void seleciona_espeelho(void); // seleciona espelho
void le_botao(void); // lê qual dos três botões estão pressionados
void aciona_buzzer(int modo, int periodo); //aciona o buzzer
void le_joystick (int mirror); // lê qual das direções está sendo acionada
void set_origem(int motor);
void calcula_passos(int memoria, int j);
void grava_acessa_1(short int acessa, short int memoriza);
void grava_acessa_2(short int acessa, short int memoriza);
void grava_acessa_3(short int acessa, short int memoriza);

#define RTCC
RTCC_isr()
{
    tempo_botao++;
    tempo_buzzer++;
    tempo_motor++;
    if (inicia_contagem == OK)
        tempo_botao_123++;
} //fim

void main()
{
    port_b_pullups(TRUE);
    setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
    setup_adc(ADC_OFF);
    setup_ppsp(PSP_DISABLED);
    setup_spi(FALSE);
    setup_wdt(WDT_OFF);
    setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_1);

    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    setup_timer_3(T3_DISABLED|T3_DIV_BY_1);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_vref(FALSE);
    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_RTCC);
    setup_low_volt_detect(FALSE);
    setup_oscillator(False);
```

```

                prog_final_2.c

inicia();

while (true)
{
    botao_hold=input(HOLD);

    if(botao_hold == PRESSIONADO)
    {
        output_high(LED);
    }
    else
    {
        output_low(LED);
    }

    while (modo_operacao == NORMAL && botao_hold !=PRESSIONADO)
    {

        seleciona_espelho(); // identifica o espelho a ser ajustado
        le_joystick (espelho); // movimenta os espelhos

        le_botao(); // para acionar da memoria (botao 1, 2 e 3)
        tecla_setup = input(DEF_POS);

        botao_hold=input(HOLD);

        if(botao_hold == PRESSIONADO)
        {
            output_high(LED);
        }
        else
        {
            output_low(LED);
        }

        if(tecla_setup == PRESSIONADO)
        {
            output_high(LED);
            delay_ms(1000);
            output_low(LED);
            delay_ms(1000);
            output_high(LED);
            delay_ms(1000);
            output_low(LED);
            modo_operacao = SETUP;
        }
    }
}

while (modo_operacao == SETUP)
{
    seleciona_espelho();
    le_joystick (espelho);

    tecla_setup = input(DEF_POS);

    if(tecla_setup == PRESSIONADO)
    {
        output_high(LED);
        delay_ms(1000);
    }
}

```

```

    output_low(LED);
    delay_ms(1000);
    output_high(LED);
    delay_ms(1000);
    output_low(LED);

    conta_passos_motor[1] = RESET;
    conta_passos_motor[2] = RESET;
    conta_passos_motor[3] = RESET;
    conta_passos_motor[4] = RESET;
    conta_passos_motor[5] = RESET;
    conta_passos_motor[6] = RESET;

    posicao_memo_1_motor[1] = RESET;
    posicao_memo_1_motor[2] = RESET;
    posicao_memo_1_motor[3] = RESET;
    posicao_memo_1_motor[4] = RESET;
    posicao_memo_1_motor[5] = RESET;
    posicao_memo_1_motor[6] = RESET;

    posicao_memo_2_motor[1] = RESET;
    posicao_memo_2_motor[2] = RESET;
    posicao_memo_2_motor[3] = RESET;
    posicao_memo_2_motor[4] = RESET;
    posicao_memo_2_motor[5] = RESET;
    posicao_memo_2_motor[6] = RESET;

    posicao_memo_3_motor[1] = RESET;
    posicao_memo_3_motor[2] = RESET;
    posicao_memo_3_motor[3] = RESET;
    posicao_memo_3_motor[4] = RESET;
    posicao_memo_3_motor[5] = RESET;
    posicao_memo_3_motor[6] = RESET;

    modo_operacao = NORMAL;
}

}//while()

}//while(true)

} // main

```

```

                prog_final_2.c
inicia_contagem = NO;
tempo_botao = 0 ;
espeelho = 0;
grava_memo_1 = 0;
grava_memo_2 = 0;
grava_memo_3 = 0;
acessa_memo_1 = 0;
acessa_memo_2 = 0;
acessa_memo_3 = 0;

}// fim

```

```

/////////////////função de seleção dos
espehos/////////////////

```

```

*****/*
*****Função de que seleciona o espeelho a ser acionado. Para cada posição da chave
seletora de 3 posições, a variável
global espeelho assume um valor diferente.
******/

```

```

void seleciona_espeelho(void)
{
sel_left = input (ESPELHO_ESQ);
sel_right = input(ESPELHO_DIR);
sel_central = input(ESPELHO_CEN);

delay_ms(50);

if (sel_left==0) //SELECIONADO
espeelho = 1;
else if (sel_right == 0)//SELECIONADO
espeelho = 2;
else if (sel_central == 0)//SELECIONADO
espeelho = 3;

}//fim

```

```

/////////////////função de leitura do botão
(GRAVAR/ACESSAR)/////////////////

```

```

*****/*
*****Esta função verifica se o botão ficou pressionado tempo suficiente para acessar
a memória ou para gravar na memória
******/

```

```

void le_botao(void)
{
tempo_botao = RESET;
grava_memo_1 = NO;
acessa_memo_1 = NO;
grava_memo_2 = NO;

```

prog_final_2.c

```
acessa_memo_2 = NO;
grava_memo_3 = NO;
acessa_memo_3 = NO;

tecla_m1 = input(BOTAO_1);
tecla_m2 = input(BOTAO_2);
tecla_m3 = input(BOTAO_3);
delay_ms(50);

while(tecla_m1 == PRESSIONADO && grava_memo_1 != OK )
{
    if (tempo_botao >= GRAVAR)
    {
        grava_memo_1 = OK;
        acessa_memo_1 = NO;
        output_high(LED);
        delay_ms(1000);
        output_low(LED);
        break;
    }
    else if (tempo_botao >= DEBOUCE)
    {
        acessa_memo_1 = OK;
        grava_memo_1 = NO;
    }
    tecla_m1 = input(BOTAO_1);
    delay_ms(50);
}//while1

grava_acessa_1(acessa_memo_1, grava_memo_1);

while(tecla_m2 == PRESSIONADO && grava_memo_2 != OK)
{
    if (tempo_botao >= GRAVAR)
    {
        grava_memo_2 = OK;
        acessa_memo_2 = NO;
        output_high(LED);
        delay_ms(1000);
        output_low(LED);
        break;
    }
    else if (tempo_botao >= DEBOUCE)
    {
        acessa_memo_2 = OK;
        grava_memo_2 = NO;
    }
    tecla_m2 = input(BOTAO_2);
    delay_ms(50);
}//while2

grava_acessa_2(acessa_memo_2, grava_memo_2);

while(tecla_m3 == PRESSIONADO && grava_memo_3 != OK)
{
    if (tempo_botao >= GRAVAR)
    {
        grava_memo_3 = OK;
        acessa_memo_3 = NO;
        output_high(LED);
        delay_ms(1000);
        output_low(LED);
        break;
    }
    else if (tempo_botao >= DEBOUCE)
    {
```

```

                prog_final_2.c
acessa_memo_3 = OK;
grava_memo_3 = NO;
}
tecla_m3 = input(BOTAO_3);
delay_ms(50);
}//while
grava_acessa_3(acessa_memo_3, grava_memo_3);
}//fim

```

|||||||||||||||||||||| FUNÇÃO DE ACIONAMENTO DOS MOTORES

```

*****
***** Esta função recebe o número do motor (1,2,3,4,5 ou 6), sentido (esquerda ou
***** direita), modo (automático ou manual) e
***** o número de passos. Se for chamado no modo automático, o motor será acionado
***** dentro de um laço FOR, já no modo manual
***** o motor será acionado enquanto o joystick estiver pressionado.
***** As velocidades também serão diferentes para cada modo.
*****
***** /

```

```

void aciona_motor(int motor,int sentido_rot, int modo, int num_passos)
{
    int w;

    output_bit(SENIDO, sentido_rot);
    output_high(ENABLE);
    output_low(HALF_FULL);
    output_low(CONTROL);
    output_high(RESET);

    switch (motor )
    {
        case 1:
            output_high(ENABLE_1);
            output_low (ENABLE_2);
            output_low (ENABLE_3);
            output_low (ENABLE_4);
            output_low (ENABLE_5);
            output_low (ENABLE_6);
            break;

        case 2:
            output_low (ENABLE_1);
            output_high(ENABLE_2);
            output_low (ENABLE_3);
            output_low (ENABLE_4);
            output_low (ENABLE_5);
            output_low (ENABLE_6);
            break;

        case 3:
            output_low (ENABLE_1);
            output_low (ENABLE_2);
            output_high(ENABLE_3);
            output_low (ENABLE_4);
            output_low (ENABLE_5);

```

```

                                prog_final_2.c
output_low (ENABLE_6);
break;

case 4:
output_low (ENABLE_1);
output_low (ENABLE_2);
output_low (ENABLE_3);
output_high(ENABLE_4);
output_low (ENABLE_5);
output_low (ENABLE_6);
break;

case 5:
output_low (ENABLE_1);
output_low (ENABLE_2);
output_low (ENABLE_3);
output_low (ENABLE_4);
output_high(ENABLE_5);
output_low (ENABLE_6);
break;

case 6:
output_low (ENABLE_1);
output_low (ENABLE_2);
output_low (ENABLE_3);
output_low (ENABLE_4);
output_low (ENABLE_5);
output_high(ENABLE_6);
break;

}//switch

if (modo == AUTOMATICO)
{
w = 0;

while (w<num_passos)
{
if(tempo_motor <= VEL_AUTOMATICA)
{
output_low(CLOCK);
ja_contou=0;
}

else if (tempo_motor <= 2*VEL_AUTOMATICA)
{
if(ja_contou==0)
{
output_high(CLOCK);
w++;
ja_contou=1;
if(sentido_rot == HORARIO)
{
conta_passos_motor[motor]++;
}

else if (sentido_rot == ANTI_HORARIO)
{
conta_passos_motor[motor]--;
}
}//if
}//else if

else if (tempo_motor > 2*VEL_AUTOMATICA)
{
tempo_motor = RESET;
}
}

```

```

                                prog_final_2.c

    } //while

    } //if modo automatico

else if (modo == MANUAL)
{
    if(tempo_motor <= VEL_MANUAL)
    {
        output_low(CLOCK);
        ja_contou=0;
    }

    else if (tempo_motor <= 2*VEL_MANUAL)
    {
        if(ja_contou==0)
        {
            output_high(CLOCK);
            ja_contou=1;
            if (sentido_rot == HORARIO)
            {
                conta_passos_motor[motor]++;
            }
            else if (sentido_rot == ANTI_HORARIO)
            {
                conta_passos_motor[motor]--;
            }
        }
    }
    else if (tempo_motor > 2*VEL_MANUAL)
        tempo_motor = RESET;
}
//else

} //fim

```

||||||||| LÊ JOYSTICK

```

*****
***** Esta função recebe a informação de qual espelho está selecionado
***** (ESQUERDA, CENTRAL ou DIREITA) e chama a função
***** de acionamento do motor no modo MANUAL, assim que o usuário soltar o botão
***** direcional do joystick, ela para de chamar
***** a função de acionamento
***** /

```

```

void le_joystick (int mirror)
{
    int num_motor;

    switch (mirror)
    {
        case 1: num_motor = MOTOR_1;
        break;

        case 2: num_motor = MOTOR_3;
        break;

        case 3: num_motor = MOTOR_5;
        break;

    } //switch

    tecla_up = input(CIMA);
    tecla_down= input(BAIXO);

```

```

prog_final_2.c
tecla_right = input(DIREITA);
tecla_left = input(ESQUERDA);
delay_ms(50);

if (tecla_up==0)
{
  aciona_motor(num_motor, HORARIO, MANUAL, 0);
}

else if (tecla_down==0)
{
  aciona_motor(num_motor, ANTI_HORARIO, MANUAL, 0);
}

else if (tecla_right==0)
{
  aciona_motor(num_motor+1, HORARIO, MANUAL, 0); //como os motores estão em
PAR, incrementa-se a variável
} //num_motor para que
assuma valores como MOTOR_2, MOTOR_4 e MOTOR_6

else if (tecla_left==0)
{
  aciona_motor(num_motor+1, ANTI_HORARIO, MANUAL, 0);
}

else
{
  output_low (ENABLE_1);
  output_low (ENABLE_2);
  output_low (ENABLE_3);
  output_low (ENABLE_4);
  output_low (ENABLE_5);
  output_low (ENABLE_6);
}

}//fim

//calcula o numero de passos distante da origem
void calcula_passos(int memoria, int j)
{
  diferenca_passos = (conta_passos_motor[j] - memoria);
}

//fim da função

*****
*****grava ou acessa memoria 1
*****
****

void grava_acessa_1(short int acessa, short int memoriza)
{
  int i;
  int motor_atual;

```

prog_final_2.c

```
i=1;
if(acessa == OK)
{
    motor_atual = MOTOR_1;

    while(motor_atual<=6)
    {
        calcula_passos(posicao_memo_1_motor[i], i);
        if(diferenca_passos >= 0)
        {
            aciona_motor( motor_atual, ANTI_HORARIO, AUTOMATICO,
diferenca_passos);
        } //if

        else if (diferenca_passos < 0)
        {
            diferenca_passos = diferenca_passos * (-1);
            aciona_motor( motor_atual, HORARIO, AUTOMATICO, diferenca_passos );
        } //else if

        motor_atual++;
        i++;
    } //while
} //if

else if (memoriza == OK)
{
    posicao_memo_1_motor[1] = conta_passos_motor[1];
    posicao_memo_1_motor[2] = conta_passos_motor[2];
    posicao_memo_1_motor[3] = conta_passos_motor[3];
    posicao_memo_1_motor[4] = conta_passos_motor[4];
    posicao_memo_1_motor[5] = conta_passos_motor[5];
    posicao_memo_1_motor[6] = conta_passos_motor[6];
} //else if
}//fim da função
```

```
*****
*****
```

```
*****grava ou acessa memoria 2
*****
```

```
*****
```

```
*****/
```

```
void grava_acessa_2(short int acessa, short int memoriza)
```

```
{
    int i;
    int motor_atual;
```

```
i=1;
```

```
if(acessa == OK)
{
```

```
    motor_atual = MOTOR_1;
```

prog_final_2.c

```
while(motor_atual<=6)
{
    calcula_passos(posicao_memo_2_motor[i], i);

    if(diferenca_passos >= 0)
    {
        aciona_motor( motor_atual, ANTI_HORARIO, AUTOMATICO,
diferenca_passos);
    } //if

    else if (diferenca_passos < 0)
    {
        aciona_motor( motor_atual, HORARIO, AUTOMATICO, diferenca_passos );
    } //if

    motor_atual++;
    i++;

} //while

} //if

else if (memoriza == OK)
{
    posicao_memo_2_motor[1] = conta_passos_motor[1];
    posicao_memo_2_motor[2] = conta_passos_motor[2];
    posicao_memo_2_motor[3] = conta_passos_motor[3];
    posicao_memo_2_motor[4] = conta_passos_motor[4];
    posicao_memo_2_motor[5] = conta_passos_motor[5];
    posicao_memo_2_motor[6] = conta_passos_motor[6];
} //else if

} //fim da função
```

```
*****
*****grava ou acessa memoria 3
*****
```

```
void grava_acessa_3(short int acessa, short int memoriza)
{
    int i;
    int motor_atual;

    i=1;

    if(acessa == OK)
    {
        motor_atual = MOTOR_1;

        while(motor_atual<=6)
        {
            calcula_passos(posicao_memo_3_motor[i], i);

            if(diferenca_passos >= 0)
            {
```

```
prog_final_2.c
    aciona_motor( motor_atual, ANTI_HORARIO, AUTOMATICO,
diferenca_passos);
} //if

else if (diferenca_passos < 0)
{
    aciona_motor( motor_atual, HORARIO, AUTOMATICO, diferenca_passos );
} //if

motor_atual++;
i++;
} //while

} //if

else if (memoriza == OK)
{
    posicao_memo_3_motor[1] = conta_passos_motor[1];
    posicao_memo_3_motor[2] = conta_passos_motor[2];
    posicao_memo_3_motor[3] = conta_passos_motor[3];
    posicao_memo_3_motor[4] = conta_passos_motor[4];
    posicao_memo_3_motor[5] = conta_passos_motor[5];
    posicao_memo_3_motor[6] = conta_passos_motor[6];
} //else if

}//fim da função
```

ANEXO B: Data Sheets

DMOS DRIVER FOR BIPOLAR STEPPER MOTOR

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE FROM 8 TO 52V
- 2.8A OUTPUT PEAK CURRENT (1.4A RMS)
- $R_{DS(ON)} 0.73\Omega$ TYP. VALUE @ $T_J = 25^\circ C$
- OPERATING FREQUENCY UP TO 100KHZ
- NON DISSIPATIVE OVERCURRENT PROTECTION
- DUAL INDEPENDENT CONSTANT t_{OFF} PWM CURRENT CONTROLLERS
- FAST/SLOW DECAY MODE SELECTION
- FAST DECAY QUASI-SYNCHRONOUS RECTIFICATION
- DECODING LOGIC FOR STEPPER MOTOR FULL AND HALF STEP DRIVE
- CROSS CONDUCTION PROTECTION
- THERMAL SHUTDOWN
- UNDER VOLTAGE LOCKOUT
- INTEGRATED FAST FREE WHEELING DIODES

TYPICAL APPLICATIONS

- BIPOLAR STEPPER MOTOR

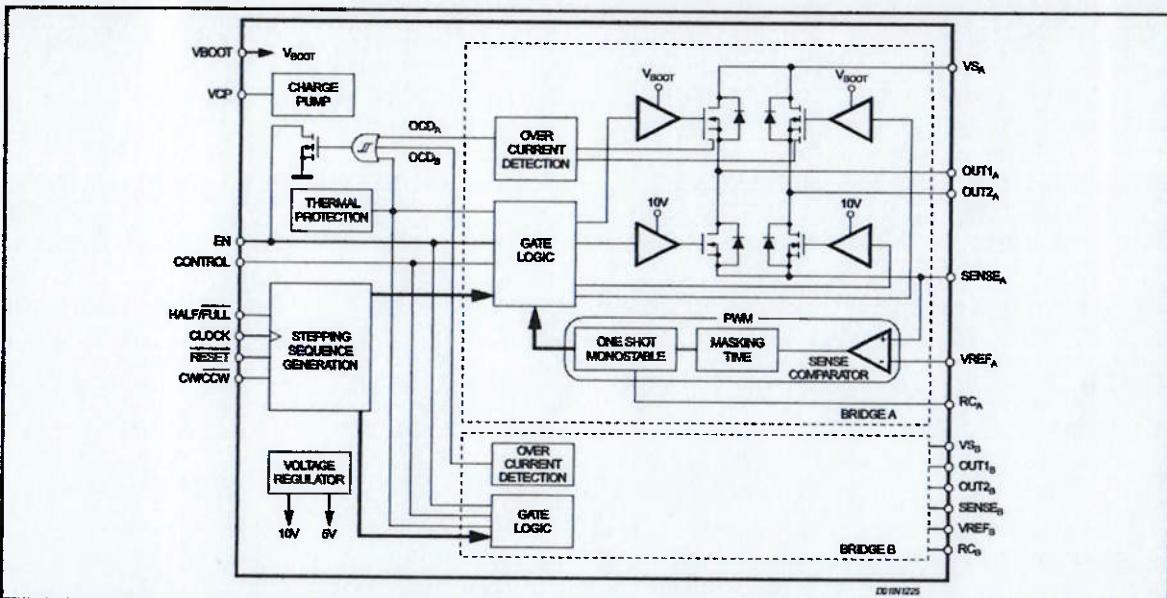
DESCRIPTION

The L6228 is a DMOS Fully Integrated Stepper Motor Driver with non-dissipative Overcurrent Protection, realized in MultiPower-BCD technology, which com-



bines isolated DMOS Power Transistors with CMOS and bipolar circuits on the same chip. The device includes all the circuitry needed to drive a two-phase bipolar stepper motor including: a dual DMOS Full Bridge, the constant off time PWM Current Controller that performs the chopping regulation and the Phase Sequence Generator, that generates the stepping sequence. Available in PowerDIP24 (20+2+2), PowerSO36 and SO24 (20+2+2) packages, the L6228 features a non-dissipative overcurrent protection on the high side Power MOSFETs and thermal shutdown.

BLOCK DIAGRAM

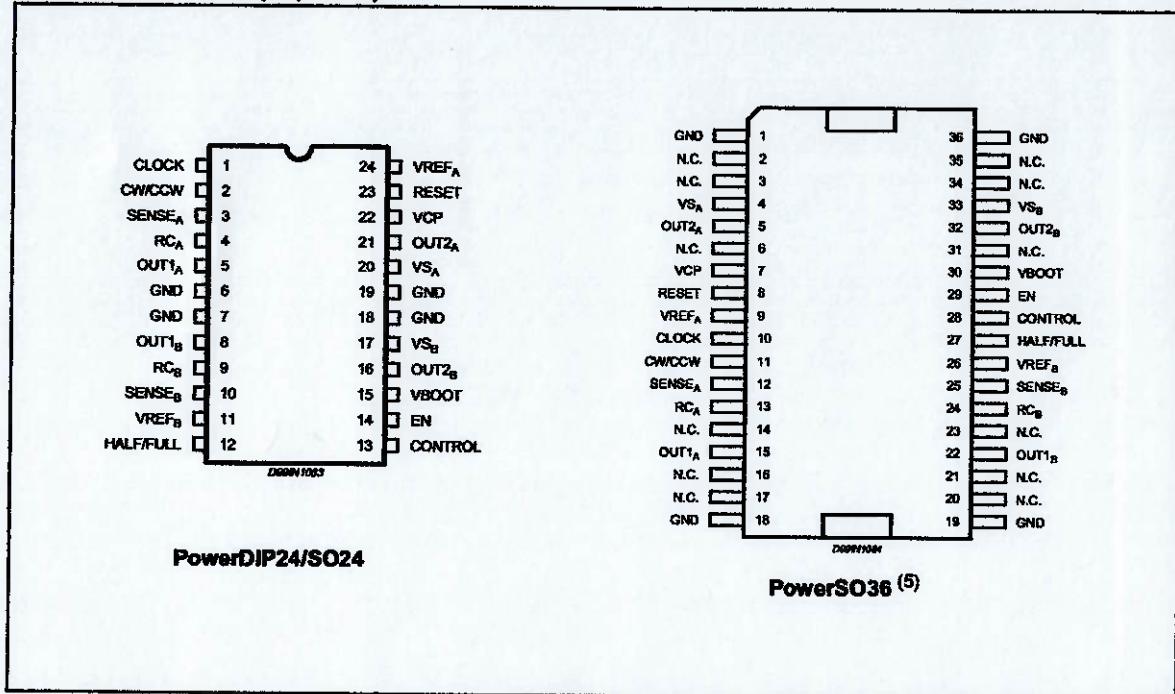


THERMAL DATA

Symbol	Description	PowerDIP24	SO24	PowerSO36	Unit
$R_{th\text{-}j\text{-}pins}$	Maximum Thermal Resistance Junction-Pins	19	15	-	°C/W
$R_{th\text{-}j\text{-}case}$	Maximum Thermal Resistance Junction-Case	-	-	2	°C/W
$R_{th\text{-}j\text{-}emb1}$	Maximum Thermal Resistance Junction-Ambient ⁽¹⁾	44	55	-	°C/W
$R_{th\text{-}j\text{-}emb1}$	Maximum Thermal Resistance Junction-Ambient ⁽²⁾	-	-	36	°C/W
$R_{th\text{-}j\text{-}emb1}$	Maximum Thermal Resistance Junction-Ambient ⁽³⁾	-	-	16	°C/W
$R_{th\text{-}j\text{-}emb2}$	Maximum Thermal Resistance Junction-Ambient ⁽⁴⁾	59	78	63	°C/W

(1) Mounted on a multi-layer FR4 PCB with a dissipating copper surface on the bottom side of 6cm² (with a thickness of 35µm).
 (2) Mounted on a multi-layer FR4 PCB with a dissipating copper surface on the top side of 6cm² (with a thickness of 35µm).
 (3) Mounted on a multi-layer FR4 PCB with a dissipating copper surface on the top side of 6cm² (with a thickness of 35µm), 16 via holes and a ground layer.
 (4) Mounted on a multi-layer FR4 PCB without any heat sinking surface on the board.

PIN CONNECTIONS (Top View)



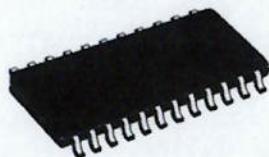
(5) The slug is internally connected to pins 1,18,19 and 36 (GND pins).

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	2.35		2.65	0.093		0.104
A1	0.10		0.30	0.004		0.012
B	0.33		0.51	0.013		0.200
C	0.23		0.32	0.009		0.013
D ⁽¹⁾	15.20		15.60	0.598		0.614
E	7.40		7.60	0.291		0.299
e		1.27			0.050	
H	10.0		10.65	0.394		0.419
h	0.25		0.75	0.010		0.030
L	0.40		1.27	0.016		0.050
k	0° (min.), 8° (max.)					
ddd			0.10			0.004

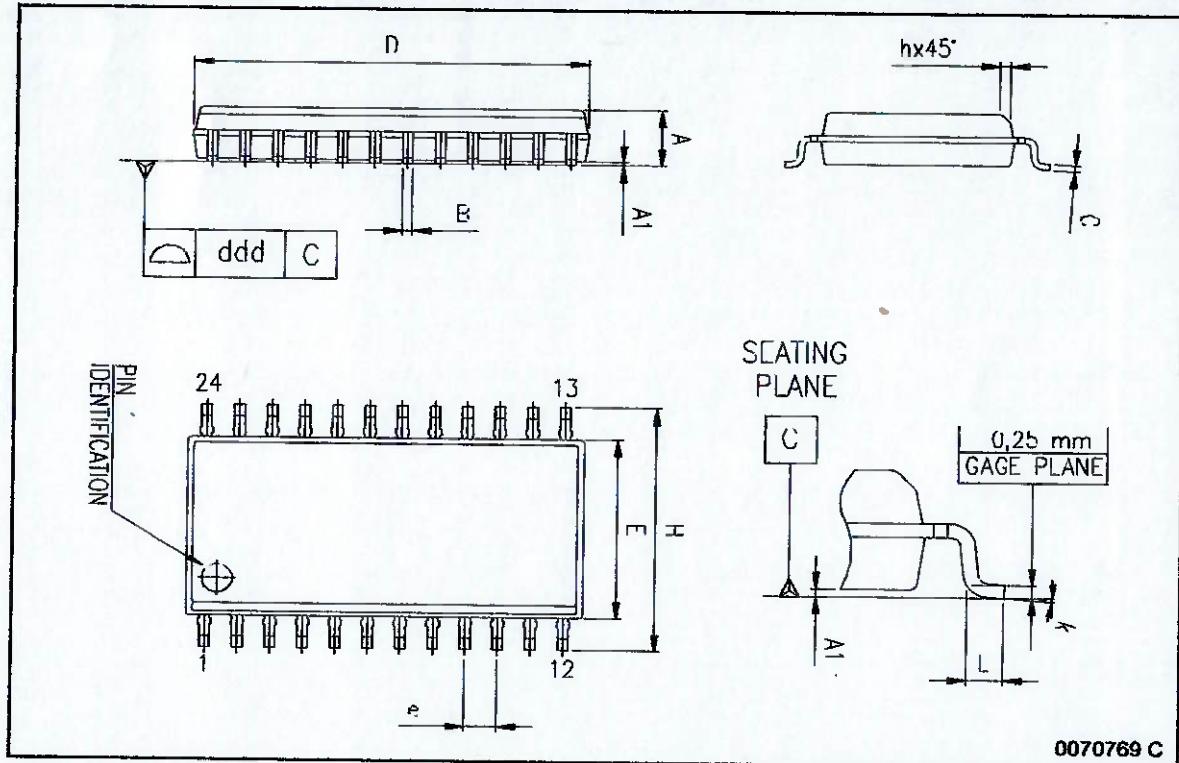
(1) "D" dimension does not include mold flash, protusions or gate burns. Mold flash, protusions or gate burns shall not exceed 0.15mm per side.

OUTLINE AND MECHANICAL DATA

Weight: 0.60gr



SO24

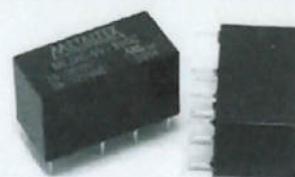


- Ideal para uso em telecomunicações
- 2 contatos reversíveis bifurcados
- Comutação de cargas a partir de 10 μ A
- Montagem direta em circuito impresso
- Hermeticamente selado
- Homologado UL

- Suitable for telecom applications
- DPDT bifurcated contacts
- Direct PC mounting
- Standard and sensitive types
- Hermetically sealed
- UL recognized

Chave de código / How to order

ML 2R C2



Tensão nominal da bobina

Coil nominal voltage

C-5V - 5VCC / VDC

C1 - 6VCC / VDC

C2 - 12VCC / VDC

C3 - 24VCC / VDC

C4 - 48VCC / VDC

Modelo / Type

ML - Padrão / Standard

MLS - Baixo consumo / Low consumption

Especificações da bobina / Coil specifications

	Modelo / Type	Tensão Nominal / Nominal Voltage	Resistência ($\pm 10\%$) Ω^* / Resistance ($\pm 10\%$) Ω^*	Consumo Nominal mW / Nominal Power Consumption mW	Tensão de Operação / Pick-up Voltage	Tensão de Desoperação / Drop-out Voltage	Máx. Tensão Contínua / Max. Allowable Voltage
ML	C-5V	5	125	200	$\leq 3,75$	$\geq 0,5$	10,0
	C1	6	180	200	$\leq 4,50$	$\geq 0,6$	12,0
	C2	12	720	200	$\leq 9,00$	$\geq 1,2$	24,0
	C3	24	2880	200	$\leq 18,0$	$\geq 2,4$	48,0
	C4	48	4000	560	$\leq 36,0$	$\geq 4,8$	56,0
MLS	C-5V	5	167	150	$\leq 4,00$	$\geq 0,5$	11,5
	C2	12	960	150	$\leq 9,00$	$\geq 1,2$	24,0

* $\pm 15\%$ acima (over) de 1200 Ω

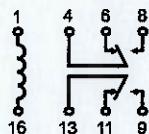
Especificações de contato / Contact specifications

Corrente de comutação máx. / Maximum switching current	2 A resistivos / resistive
Tensão de comutação máx. / Maximum switching voltage	220 VCC / 250 VCA / 220 VDC / 250 VAC
Potência de comutação máx. / Maximum switching power	60 W / 125 VA
Carga mínima (referência) / Minimum load	10 μ A 10 mVCC / mVDC
Vida mecânica / Mechanical life	10 ⁹ operações mín. / operations min.
Vida elétrica (carga resistiva) / Electrical life (resistive load)	5x10 ⁸ operações mín. / operations min. (2A @ 30 VCC / VDC) 2x10 ⁸ operações mín. / operations min. (1A @ 125 VCA / VAC)
Resistência de contato inicial máx. / Max. initial contact resistance	50 m Ω
Tempo de operação / Operate time	6 ms máx.
Tempo de desoperação / Release time	4 ms máx.
Material dos contatos / Contact material	Liga de prata com flash de ouro bifurcados

Características gerais / Characteristics

Rigidez dieletrica entre bobina e contatos / Breakdown voltage between contacts and coil	1500 VCA (1 minuto) / 1500 VAC (1 minute)
Rigidez dieletrica entre contatos abertos / Breakdown voltage between open contacts	1000 VCA (1 minuto) / 1000 VAC (1 minute)
Rigidez dieletrica entre contatos / Breakdown voltage between contact poles	1000 VCA (1 minuto) / 1000 VAC (1 minute)
Capacitância entre bobina e contatos / Capacitance between coil and contacts	1,0 pF (aprox./approx.)
Capacitância entre contatos abertos / Capacitance between open contacts	0,7 pF (aprox./approx.)
Capacitância entre contatos / Capacitance between contact poles	0,9 pF (aprox./approx.)
Resistência de isolação / Insulation resistance	1000 M Ω mln. (500 VCC/VDC)
Temperatura de operação / Operating ambient temperature	-40 a (to) +85°C
Resistência à vibração / Vibration resistance:	Funcional / Functional Destrutiva / Destructive
Resistência a impacto / Shock resistance:	Funcional / Functional Destrutiva / Destructive

Esquema elétrico / Schematic



Dimensões / Dimensions: mm

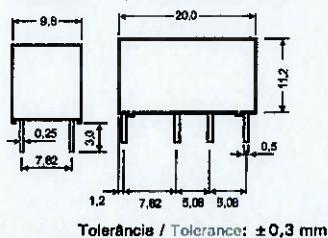
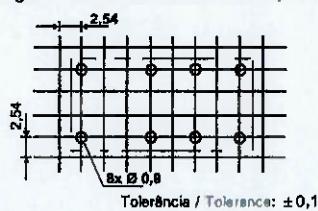


Diagrama PCI / Printed circuit layout





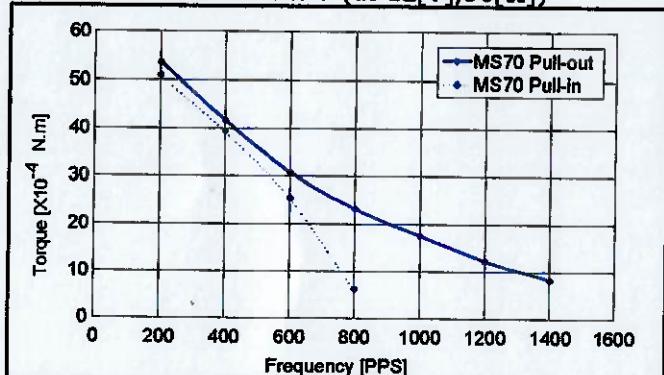
PM Motor
PM Type

■ Reference Characteristics

Motor Size	PM20S-020
Number of Steps per Rotation	20(18°/Step)
Drive Method	2-2 PHASE
Drive Circuit	UNIPOLAR CONST. VOLT.
Drive Voltage	12[V]
Current/Phase	
Coil Resistance/Phase	50[Ω]
Drive IC	2SC3346
Magnet Material	Nd-Fe-B bonded magnet (MS70)
Insulation Resistance	100M[Ω] MIN
Dielectric Strength	AC 500[V] 1[min]
Class of Insulation	CLASS E
Operating Temp.	-10[°C] ~ 50[°C]
Storage Temp.	-30[°C] ~ 80[°C]
Operating Hum.	20[%] RH ~ 90[%] RH

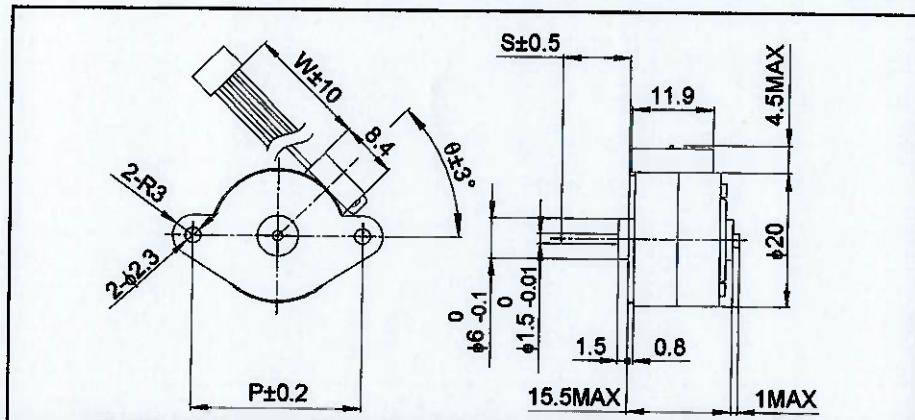
■ Torque Characteristics

PM20S-020 UNI-CONST. V (at 12[V], 50[Ω])

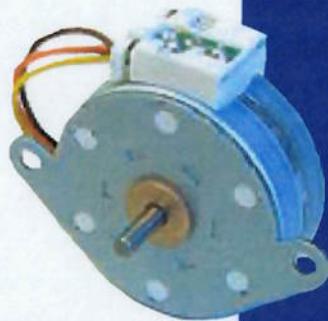


These torque values are reference only. Heat radiation conditions and temperature rise effect by duty are different on each equipment, therefore please select motors after considering the heat conditions in the actual equipment.

■ Dimensions



If you would like to know this Dimensions(D,S,W,θ),Please see Standard Dimensions in our Home Page.



PM Motor
PM Type

Reference Characteristics

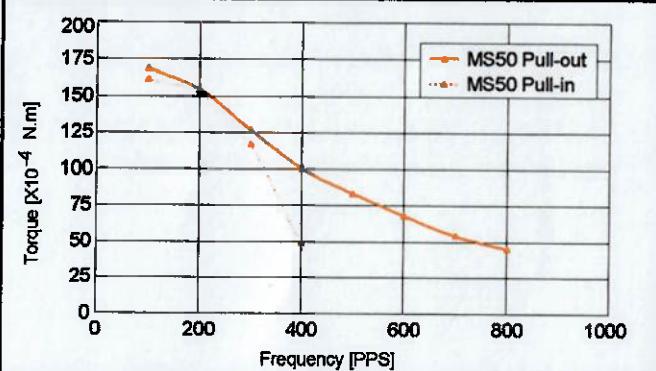
Motor Size	PM35S-024	
Number of Steps per Rotation	24(15°/Step)	
Drive Method	2-2 PHASE	
Drive Circuit	UNIPOLAR CONST. VOLT.	BIPOLAR CHOPPER
Drive Voltage	12[V]	24[V]
Current/Phase		500[mA]
Coil Resistance/Phase	28[Ω]	4.7[Ω]
Drive IC	2SC3346	UDN2916B-V
Magnet Material	Polar anisotropy ferrite sintered magnet (MS50)	
Insulation Resistance	100M[Ω] MIN	
Dielectric Strength	AC 500[V] 1[min]	
Class of Insulation	CLASS E	
Operating Temp.	-10[°C] ~ 50[°C]	
Storage Temp.	-30[°C] ~ 80[°C]	
Operating Hum.	20[%] RH ~ 90[%] RH	

Applications

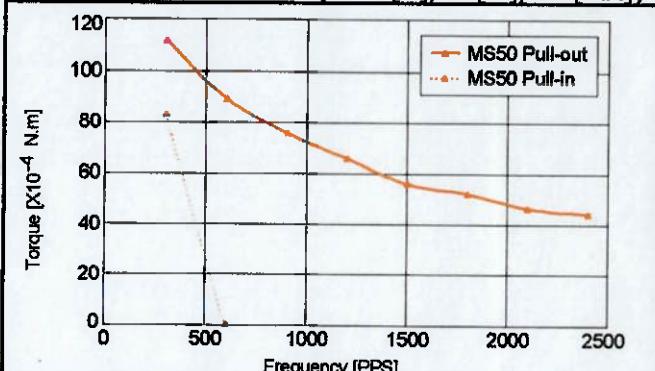
- OA Equipment : Printers / Scanners
- Industrial equipment : Flow control valves
- Automotive : Meters / Optic axis control device
- Home automation appliances : Sewing machines

Torque Characteristics

PM35S-024 UNI-CONST. V (at 12[V], 28[Ω])

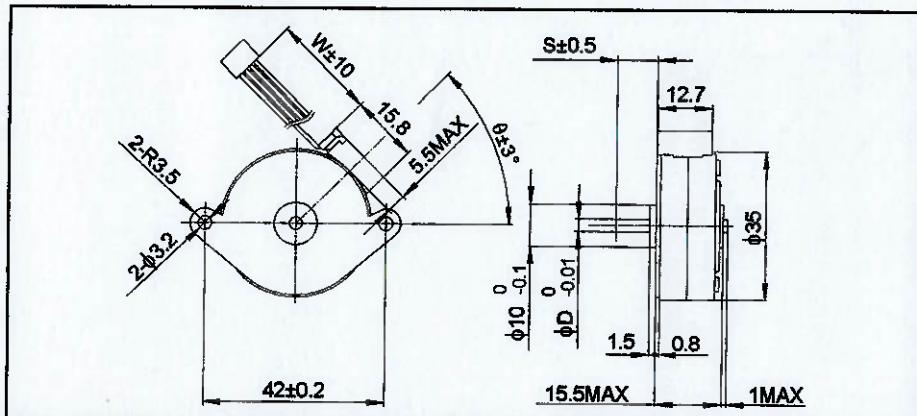


PM35S-024 BI-CHOPPER (at 24[V], 4.7[Ω], 500[mA])



These torque values are reference only. Heat radiation conditions and temperature rise effect by duty are different on each equipment, therefore please select motors after considering the heat conditions in the actual equipment.

Dimensions

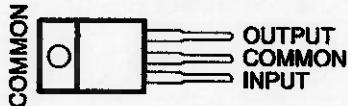
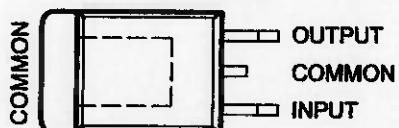


If you would like to know this Dimensions(D,S,W,θ),Please see Standard Dimensions in our Home Page.

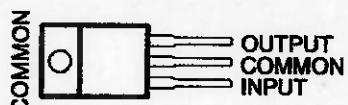
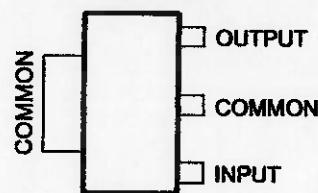
FEATURES

- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 500 mA
- No External Components
- Internal Thermal-Overload Protection

- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation

 KC (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)

 KTP (PowerFLEX™/TO-252*) PACKAGE
(TOP VIEW)


* Complies with JEDEC TO-252, variation AC

 KCS (TO-220) PACKAGE
(TOP VIEW)

 DCY (SOT-223) PACKAGE
(TOP VIEW)


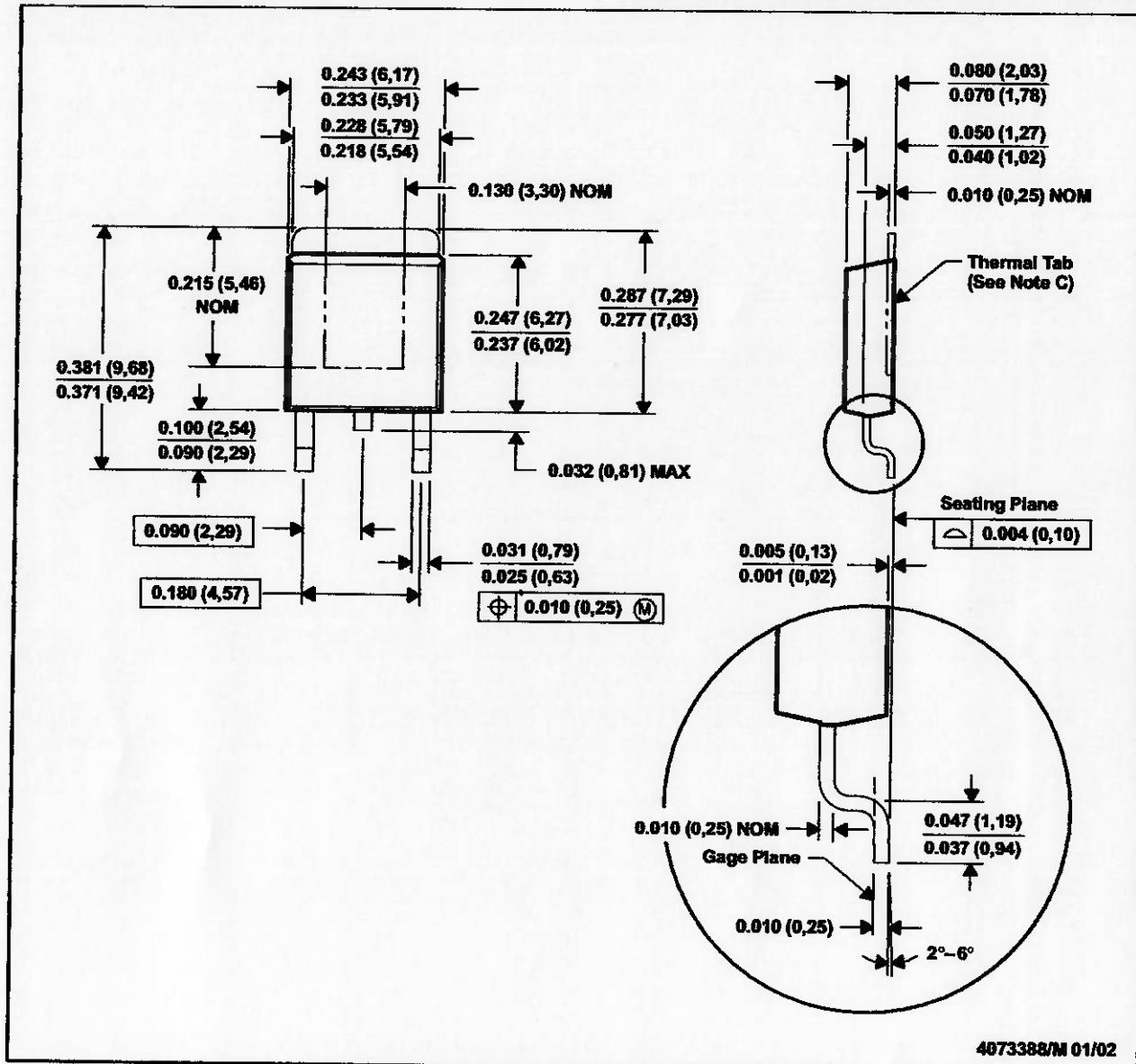
DESCRIPTION/ORDERING INFORMATION

This series of fixed-voltage integrated-circuit voltage regulators is designed for a wide range of applications. These applications include on-card regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. Each of these regulators can deliver up to 500 mA of output current. The internal current-limiting and thermal-shutdown features of these regulators essentially make them immune to overload. In addition to use as fixed-voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents and also as the power-pass element in precision regulators.

⚠ Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.
 PowerFLEX, PowerPAD are trademarks of Texas Instruments.

KTP (R-PSFM-G2)

PowerFLEX™ PLASTIC FLANGE-MOUNT PACKAGE



NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. The center lead is in electrical contact with the thermal tab.
 D. Dimensions do not include mold protrusions, not to exceed 0.006 (0.15).
 E. Falls within JEDEC TO-252 variation AC.

PowerFLEX is a trademark of Texas Instruments.

28/40-Pin High-Performance, Enhanced Flash Microcontrollers with CAN

High-Performance RISC CPU:

- Linear program memory addressing up to 2 Mbytes
- Linear data memory addressing to 4 Kbytes
- Up to 10 MIPS operation
- DC – 40 MHz clock input
- 4 MHz-10 MHz oscillator/clock input with PLL active
- 16-bit wide instructions, 8-bit wide data path
- Priority levels for interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier

Peripheral Features:

- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupt pins
- Timer0 module: 8-bit/16-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1 module: 16-bit timer/counter
- Timer2 module: 8-bit timer/counter with 8-bit period register (time base for PWM)
- Timer3 module: 16-bit timer/counter
- Secondary oscillator clock option – Timer1/Timer3
- Capture/Compare/PWM (CCP) modules; CCP pins can be configured as:
 - Capture input: 16-bit, max resolution 6.25 ns
 - Compare: 16-bit, max resolution 100 ns (T_{CY})
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
Max. PWM freq. @:8-bit resolution = 156 kHz
10-bit resolution = 39 kHz
- Enhanced CCP module which has all the features of the standard CCP module, but also has the following features for advanced motor control:
 - 1, 2 or 4 PWM outputs
 - Selectable PWM polarity
 - Programmable PWM dead time
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) with two modes of operation:
 - 3-wire SPI™ (Supports all 4 SPI modes)
 - I²C™ Master and Slave mode
- Addressable USART module:
 - Supports interrupt-on-address bit

Advanced Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with:
 - Conversion available during Sleep
 - Up to 8 channels available
- Analog Comparator module:
 - Programmable input and output multiplexing
- Comparator Voltage Reference module
- Programmable Low-Voltage Detection (LVD) module:
 - Supports interrupt-on-Low-Voltage Detection
- Programmable Brown-out Reset (BOR)

CAN bus Module Features:

- Complies with ISO CAN Conformance Test
- Message bit rates up to 1 Mbps
- Conforms to CAN 2.0B Active Spec with:
 - 29-bit Identifier Fields
 - 8-byte message length
 - 3 Transmit Message Buffers with prioritization
 - 2 Receive Message Buffers
 - 6 full, 29-bit Acceptance Filters
 - Prioritization of Acceptance Filters
 - Multiple Receive Buffers for High Priority Messages to prevent loss due to overflow
 - Advanced Error Management Features

Special Microcontroller Features:

- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator
- Programmable code protection
- Power-saving Sleep mode
- Selectable oscillator options, including:
 - 4x Phase Lock Loop (PLL) of primary oscillator
 - Secondary Oscillator (32 kHz) clock input
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins

Flash Technology:

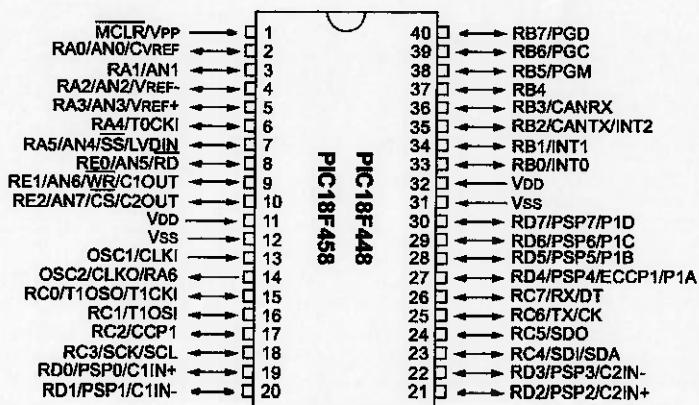
- Low-power, high-speed Enhanced Flash technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Industrial and Extended temperature ranges

PIC18FXX8

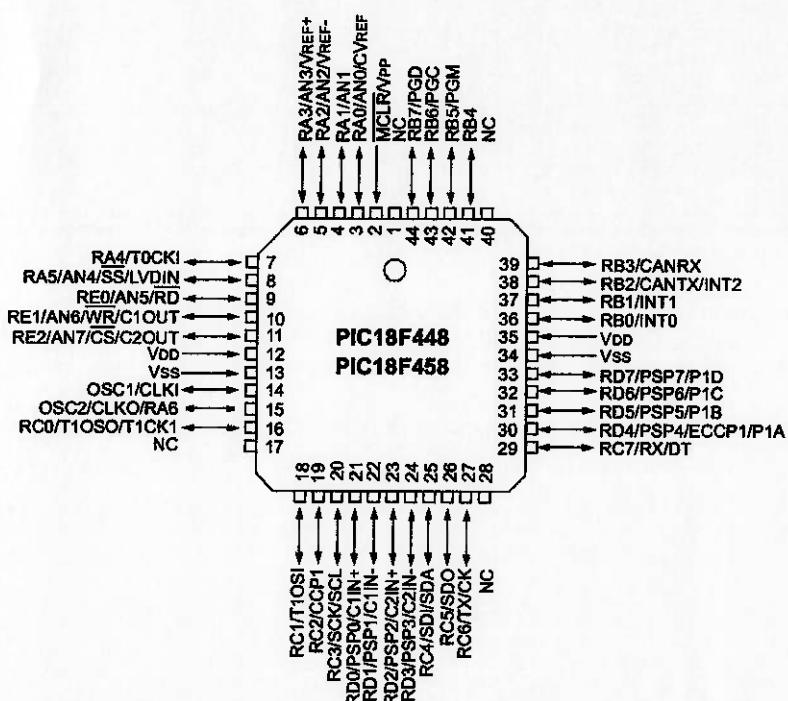
Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	Comparators	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI™	Master I ² C™		
PIC18F248	16K	8192	768	256	22	5	—	1/0	Y	Y	Y	1/3
PIC18F258	32K	16384	1536	256	22	5	—	1/0	Y	Y	Y	1/3
PIC18F448	16K	8192	768	256	33	8	2	1/1	Y	Y	Y	1/3
PIC18F458	32K	16384	1536	256	33	8	2	1/1	Y	Y	Y	1/3

Pin Diagrams

PDIP



PLCC



1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the following devices:

- PIC18F248
- PIC18F258
- PIC18F448
- PIC18F458

These devices are available in 28-pin, 40-pin and 44-pin packages. They are differentiated from each other in four ways:

1. PIC18F258 devices have twice the Flash program memory and data RAM of PIC18F448 devices (32 Kbytes and 1536 bytes vs. 16 Kbytes and 768 bytes, respectively).

2. PIC18F2X8 devices implement 5 A/D channels, as opposed to 8 for PIC18F4X8 devices.
3. PIC18F2X8 devices implement 3 I/O ports, while PIC18F4X8 devices implement 5.
4. Only PIC18F4X8 devices implement the Enhanced CCP module, analog comparators and the Parallel Slave Port.

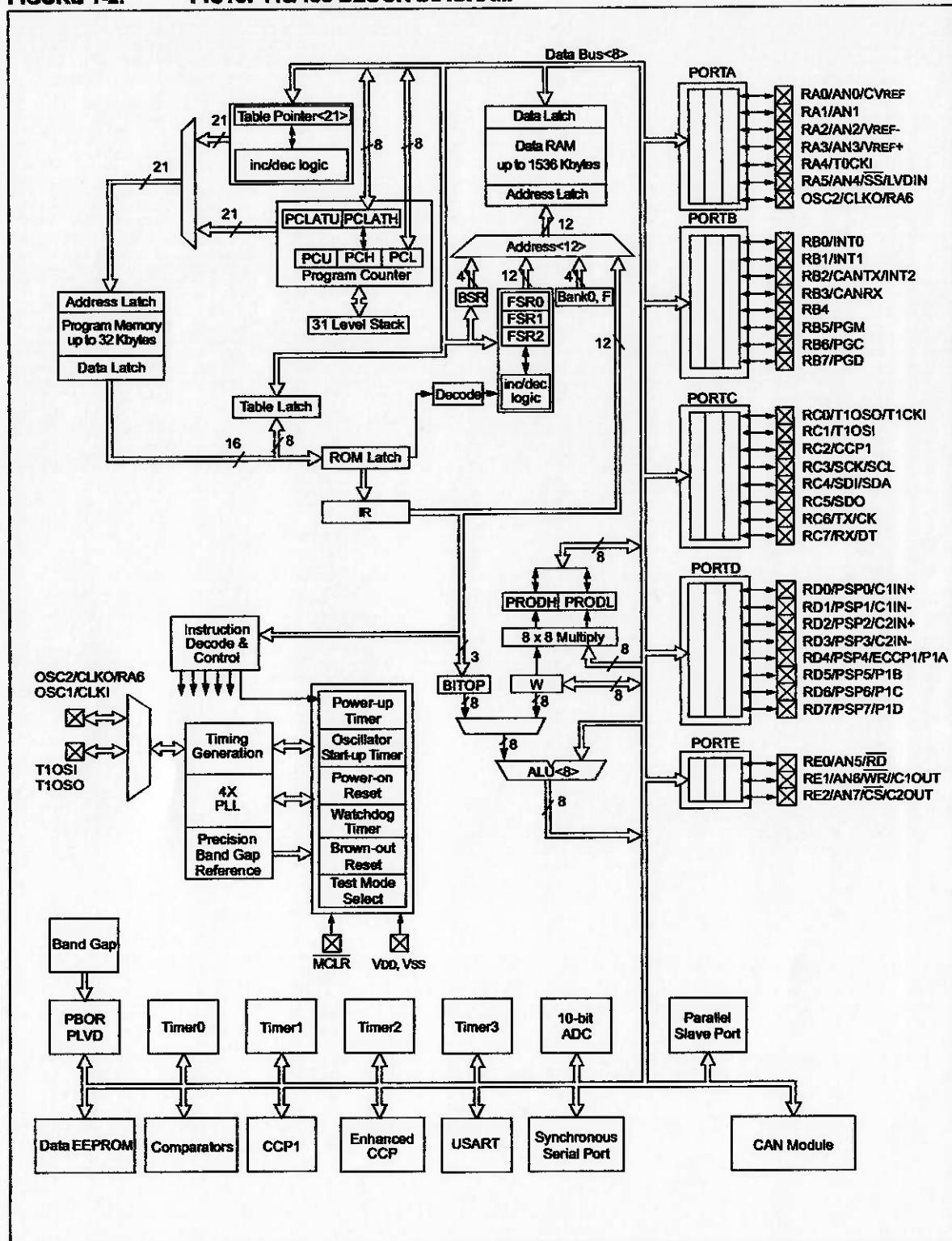
All other features for devices in the PIC18FXX8 family, including the serial communications modules, are identical. These are summarized in Table 1-1.

Block diagrams of the PIC18F2X8 and PIC18F4X8 devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2.

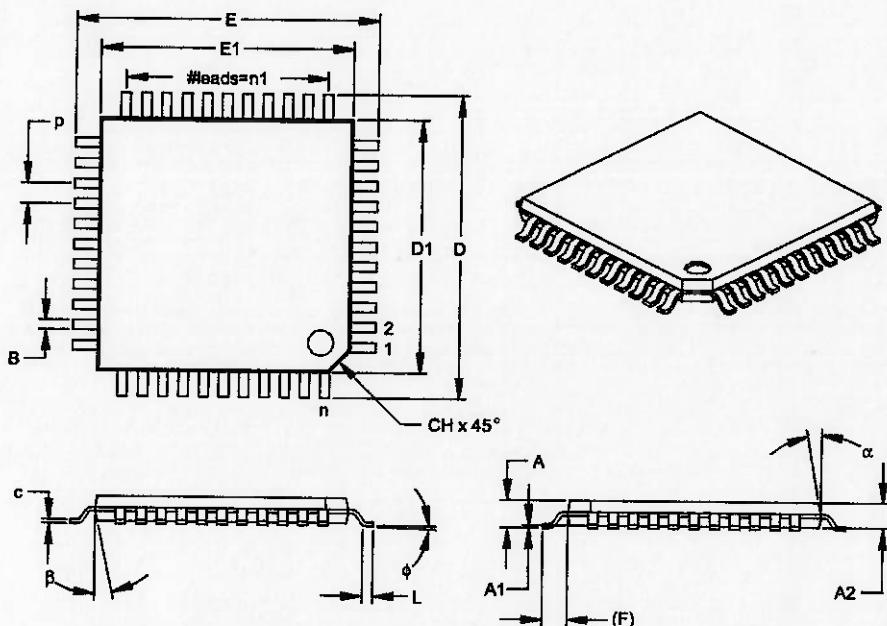
TABLE 1-1: PIC18FXX8 DEVICE FEATURES

Features	PIC18F248	PIC18F258	PIC18F448	PIC18F458	
Operating Frequency	DC – 40 MHz				
Internal Program Memory	Bytes # of Single-Word Instructions	16K 8192	32K 16384	16K 8192	32K 16384
Data Memory (Bytes)	768	1536	768	1536	
Data EEPROM Memory (Bytes)	256	256	256	256	
Interrupt Sources	17	17	21	21	
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C, D, E	
Timers	4	4	4	4	
Capture/Compare/PWM Modules	1	1	1	1	
Enhanced Capture/Compare/PWM Modules	—	—	1	1	
Serial Communications	MSSP, CAN, Addressable USART				
Parallel Communications (PSP)	No	No	Yes	Yes	
10-bit Analog-to-Digital Converter	5 input channels	5 input channels	8 input channels	8 input channels	
Analog Comparators	No	No	2	2	
Analog Comparators VREF Output	N/A	N/A	Yes	Yes	
Resets (and Delays)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST)	
Programmable Low-Voltage Detect	Yes	Yes	Yes	Yes	
Programmable Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes	
CAN Module	Yes	Yes	Yes	Yes	
In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)	Yes	Yes	Yes	Yes	
Instruction Set	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	75 Instructions	
Packages	28-pin SPDIP 28-pin SOIC	28-pin SPDIP 28-pin SOIC	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP	

FIGURE 1-2: PIC18F448/458 BLOCK DIAGRAM



44-Lead Plastic Thin Quad Flatpack (PT) 10x10x1 mm Body, 1.0/0.10 mm Lead Form (TQFP)



Dimension	Limits	INCHES			MILLIMETERS*		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n	44			44		
Pitch	P		.031			.80	
Pins per Side	n1		11			11	
Overall Height	A	.039	.043	.047	1.00	1.10	1.20
Molded Package Thickness	A2	.037	.039	.041	.95	1.00	1.05
Standoff §	A1	.002	.004	.006	.05	.10	.15
Foot Length	L	.018	.024	.030	.45	.60	.75
Footprint (Reference)	(F)		.039		1.00		
Foot Angle	φ	0	3.5	7	0	3.5	7
Overall Width	E	.463	.472	.482	11.75	12.00	12.25
Overall Length	D	.463	.472	.482	11.75	12.00	12.25
Molded Package Width	E1	.390	.394	.398	9.90	10.00	10.10
Molded Package Length	D1	.390	.394	.398	9.90	10.00	10.10
Lead Thickness	c	.004	.006	.008	.09	.15	.20
Lead Width	B	.012	.015	.017	.30	.38	.44
Pin 1 Corner Chamfer	CH	.025	.035	.045	.64	.89	1.14
Mold Draft Angle Top	α	5	10	15	5	10	15
Mold Draft Angle Bottom	β	5	10	15	5	10	15

* Controlling Parameter

§ Significant Characteristic

Notes:

Dimensions D1 and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MS-026

Drawing No. C04-076

ANEXO C: Lista de Materiais para Hardware

LISTA DE MATERIAIS

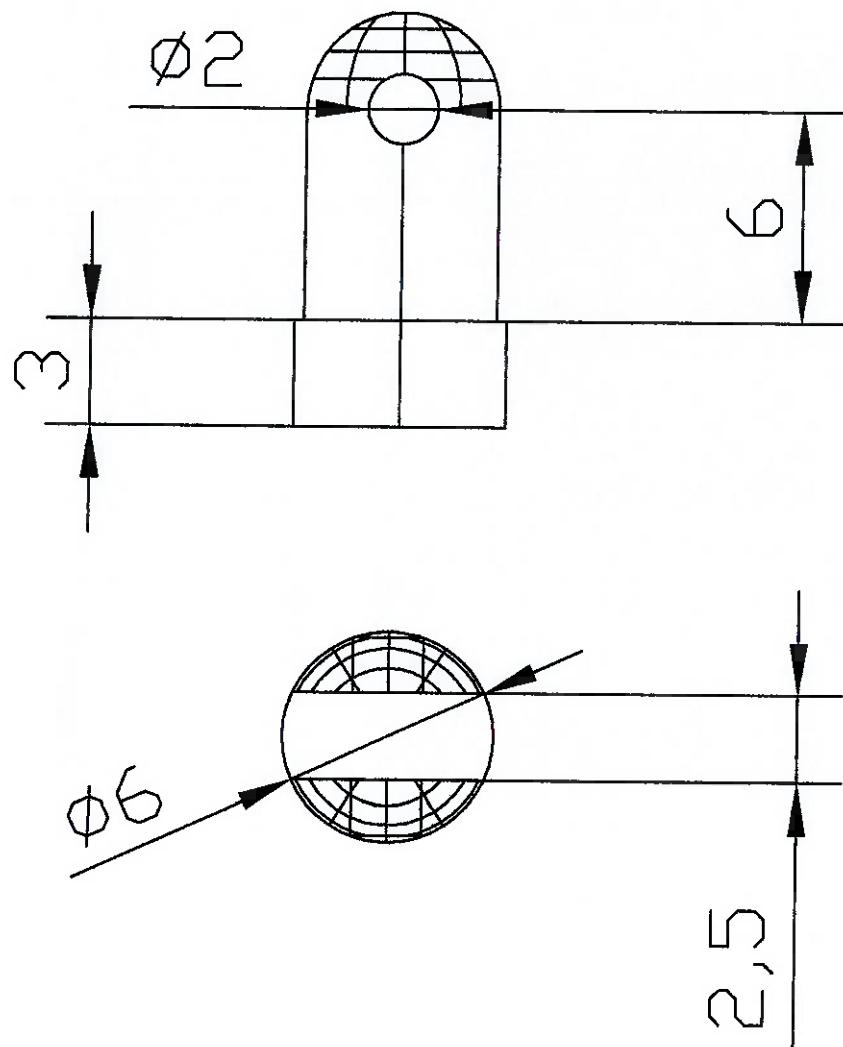
PLACA DE CONTROLE

Designator	Description	Value	Price (>1000 units) R\$
C1	Capacitor 0805	33pF	0,05
C2	Capacitor 0805	33pF	0,05
C3	Polarized Capacitor (Radial)	100uF	0,05
C4	Capacitor 0805	0,1uF	0,05
C5	Polarized Capacitor (Radial)	10uF	0,05
C6	Capacitor 0805	0,1uF	0,05
JP1	Header, 4-Pin	Header 4	0,10
JP2	Header, 12-Pin	Header 12	0,20
JP3	Header, 2-Pin	Header 2	0,10
LED1	mini led	red	0,30
LS1	Loudspeaker	BUZZER	0,50
R1	Resistor	10K	0,05
R2	Resistor	10K	0,05
R3	Resistor	10K	0,05
R4	Resistor	10K	0,05
R5	Resistor	10K	0,05
R6	Resistor	1K	0,05
R7	Resistor	1K	0,05
R8	Resistor	330R	0,05
S1	Surface tact Switch	MEMO1	0,50
S2	Surface tact Switch	MEMO2	0,50
S3	Surface tact Switch	MEMO3	0,50
S4	Surface tact Switch	up	0,50
S5	Surface tact Switch	down	0,50
S6	Surface tact Switch	right	0,50
S7	Surface tact Switch	left	0,50
S8	2 pole latching miniature switch	HOLD	0,30
S9	Surface tact Switch	def. position	0,30
SW_3	Miniature PCB mouting	Select Key	0,30
U1	EPROM-Based 8-Bit CMOS Microcontroller	PIC16F874A	15,00
U2	Voltage Regulator	78M05	0,50
Y1	Crystal Oscillator	20Mhz	0,20
		Total	21,70

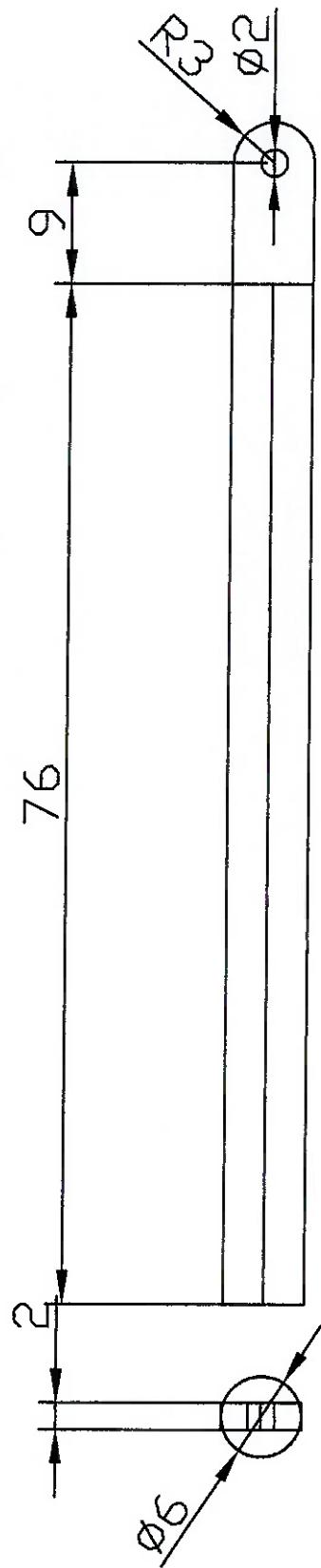
PLACA DE AÇÃOAMENTO

Designator	Description	Value	Price (>1000 units) R\$
C1	Capacitor 0805	10nF	0,05
C2	Capacitor 0805	220nF	0,05
C3	Polarized Capacitor (Radial)	100uF	0,10
C4	Capacitor 0805	100nF	0,05
C5	Capacitor 0805	1nF	0,05
C6	Capacitor 0805	1nF	0,05
C7	Capacitor 0805	5,6nF	0,05
C8	Capacitor 0805	68nF	0,05
C9	Polarized Capacitor (Radial)	220uF / 50V	0,10
C10	Capacitor 0805	0,1uF	0,05
D1	Default Diode DSO-G2/D6	Diode	0,10
D2	Default Diode DSO-G2/D6	Diode	0,10
D3	Zener Diode SO-G3/Z3.3	D Zener	0,20
JP1	Header, 4-Pin	Header 4	0,10
JP2	Header, 4-Pin	Header 4	0,10
JP3	Header, 4-Pin	Header 4	0,10
JP4	Header, 4-Pin	Header 4	0,10
JP5	Header, 4-Pin	Header 4	0,10
JP6	Header, 4-Pin	Header 4	0,10
JP7	Header, 12-Pin	Header 12	0,20
JP8	Header, 2-Pin	Header 2	0,50
K1	Dual-Pole Dual-Throw Relay / 12Volts	Relay-DPDT	2,00
K2	Dual-Pole Dual-Throw Relay / 12Volts	Relay-DPDT	2,00
K3	Dual-Pole Dual-Throw Relay / 12Volts	Relay-DPDT	2,00
K4	Dual-Pole Dual-Throw Relay / 12Volts	Relay-DPDT	2,00
K5	Dual-Pole Dual-Throw Relay / 12Volts	Relay-DPDT	2,00
K6	Dual-Pole Dual-Throw Relay / 12Volts	Relay-DPDT	2,00
R1	Resistor - 0805	100R	0,05
R2	Resistor - 0805	0,6R	0,05
R3	Resistor - 0805	0,6R	0,05
R4	Resistor - 0805	39K	0,05
R5	Resistor - 0805	39K	0,05
R6	Resistor - 0805	100K	0,05
R7	Resistor - 0805	10K	0,05
R8	Resistor - 0805	10K	0,05
R9	Resistor - 0805	10K	0,05
R10	Resistor - 0805	10K	0,05
R11	Resistor - 0805	10K	0,05
R12	Resistor - 0805	10K	0,05
U1	Stepper Motor Driver For Automotive Range - SO-G24	L6228D	15,00
		TOTAL	29,55

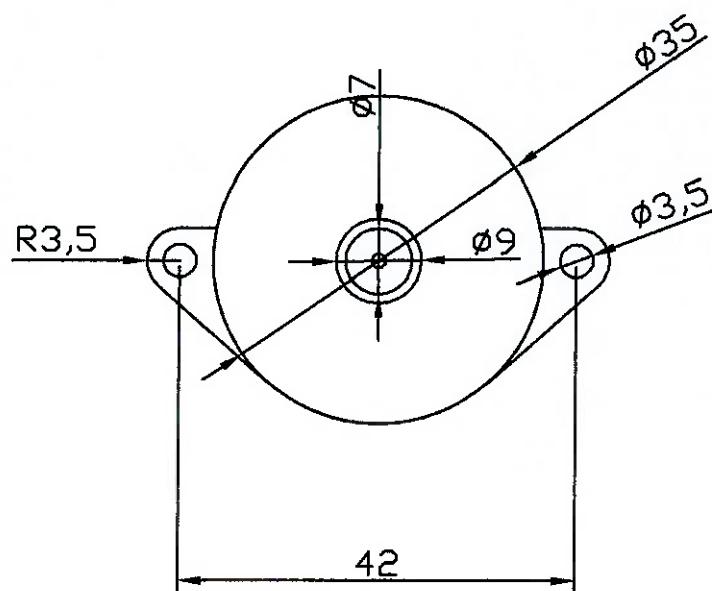
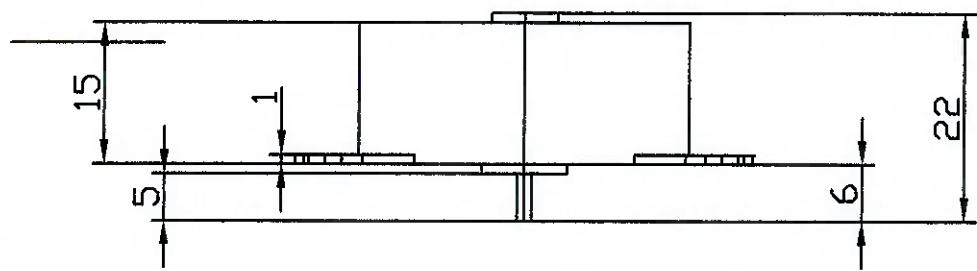
ANEXO D: Desenhos de Fabricação



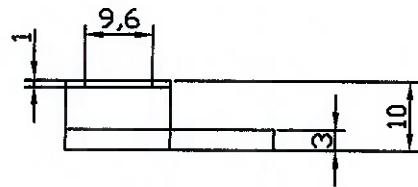
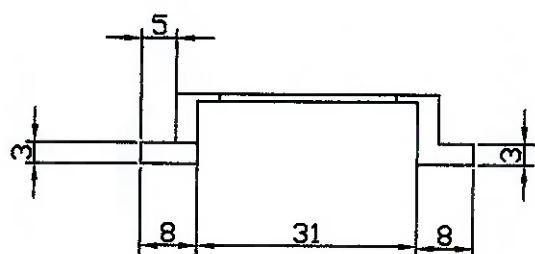
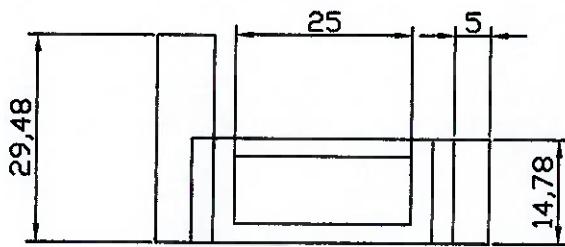
Posição	Material	Quantidade	2005	Date	Nome	Denominação	Unid.
			Des.	20/11	CAROLINA		
01	ALUMÍNIO	01		20/11	AUGUSTO	BARRA_SUPORTE_1	MM (Kg)
				Visto			
			TRABALHO DE FORMARURA	Desenho N°		Rev.N°	
			MECANISMO CENTRAL			TF-01	
Rev.	Ocor.	Instruções N°	Data	Nome			



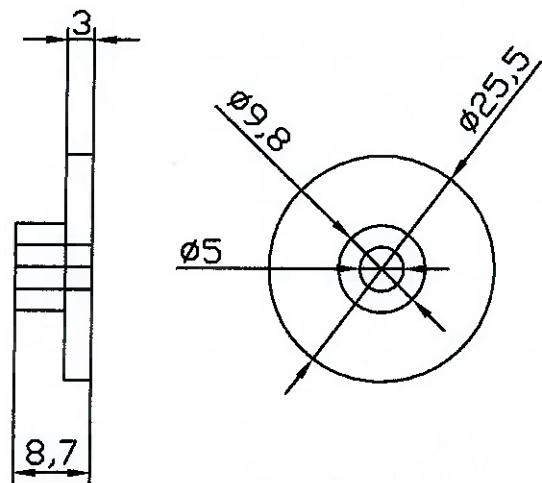
Posição	Material	Quantidade	2005	Data	Nome	Denominação	Unidade	
02	ALUMÍNIO	01	Des.	20/11	CAROLINA	BARRA_SUPORTE_2	MM (Kg)	
				20/11	AUGUSTO			
			Veto					
			TRABALHO DE FORMARURA MECANISMO CENTRAL				Rev.Nº	
Rev.	Ocor.	Instruções N.	Data	Nome	Desenho N°		TF-02	



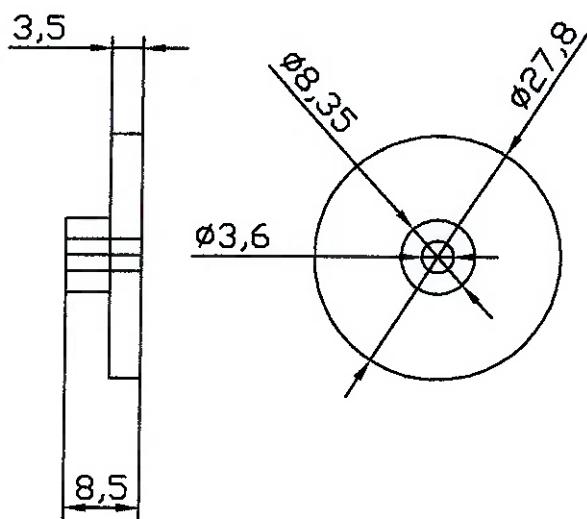
Posição	Material	Quantidade	2005	Data	Nome	Denominação	Unidade
03-04	FERRO	02		20/11	CAROLINA	MOTOR_DE_PASSO	MM (Kg)
				20/11	AUGUSTO		
			Visto				
			TRABALHO DE FORMARURA MECANISMO CENTRAL				Desenho N°
Rev.	Ocor.	Instrutor N	Data	Nome		TF-03	Rev.N°



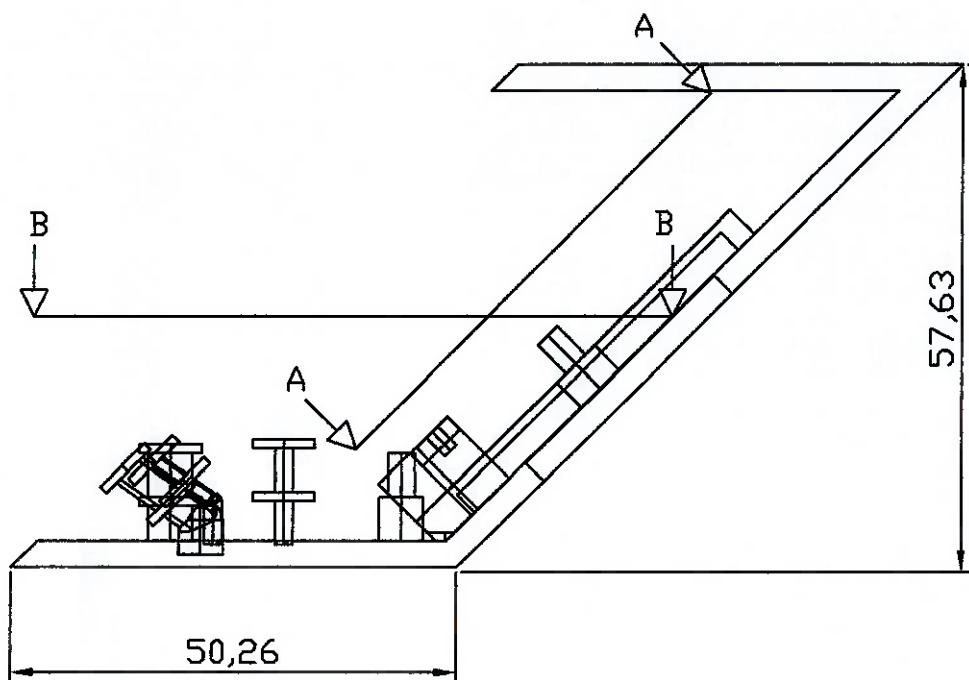
PEÇA_A



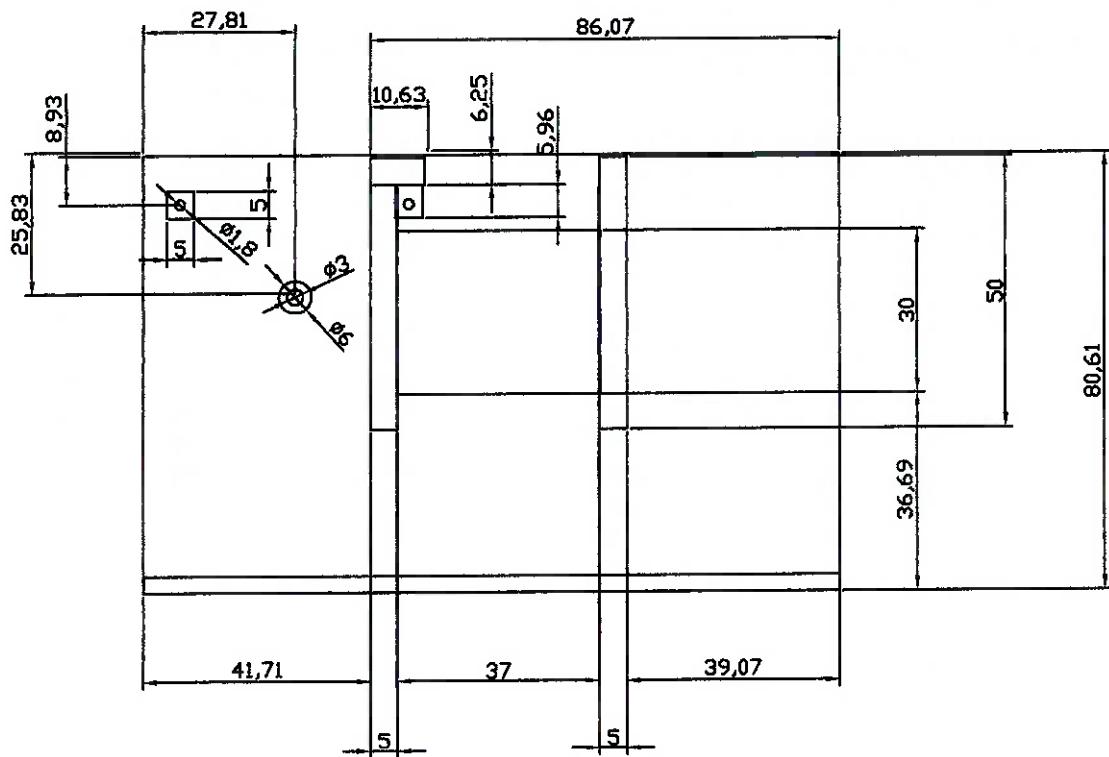
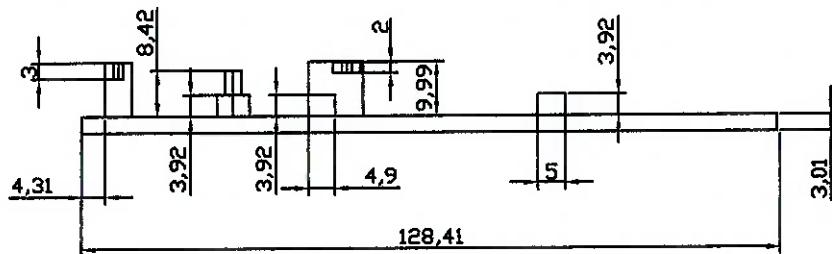
PEÇA_B



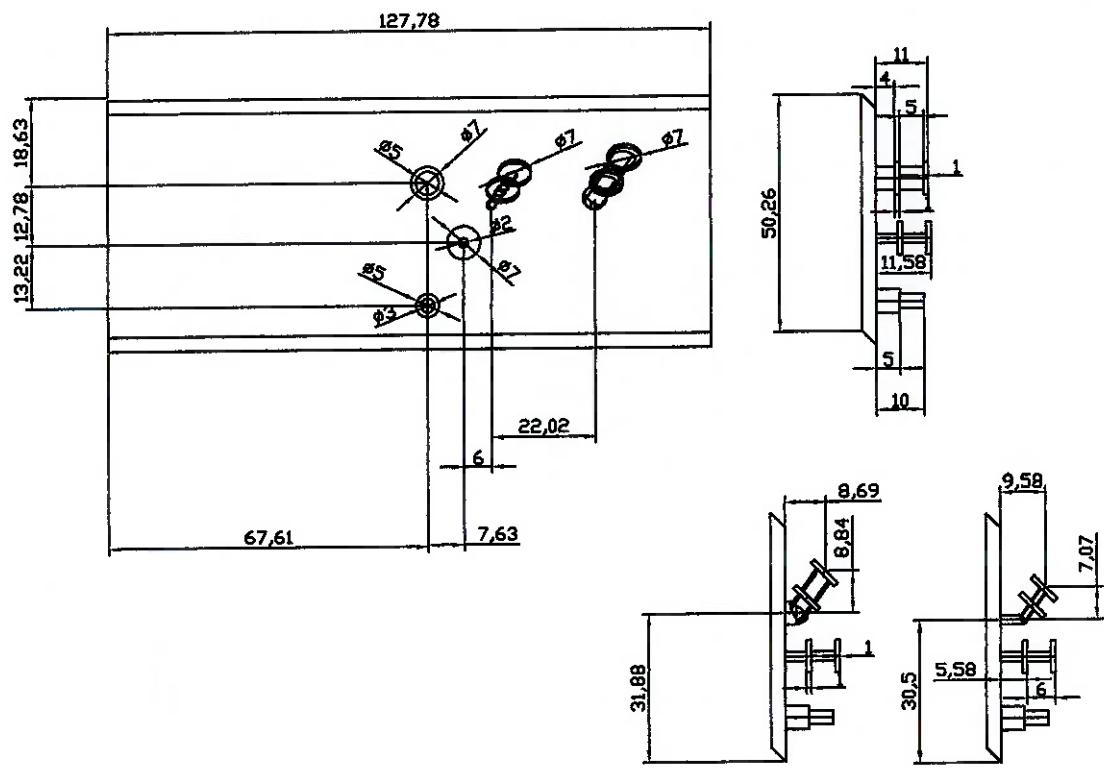
Posição_A	Material_A	Quantidade_A	2005	Data	Nome	Denominação	Unidade
06	PLÁSTICO	01	Des.	20/11	CAROLINA	ENGRENAGENS	MM
Posição_B	Material_B	Quantidade_B		20/11	AUGUSTO		(Kg)
07-08	PLÁSTICO	02	Visto				
					TRABALHO DE FORMARURA	Desenho N°	Rev N°
Rev.	Occor.	Instruções N°	Data	Name	MECANISMO CENTRAL	TF-05	



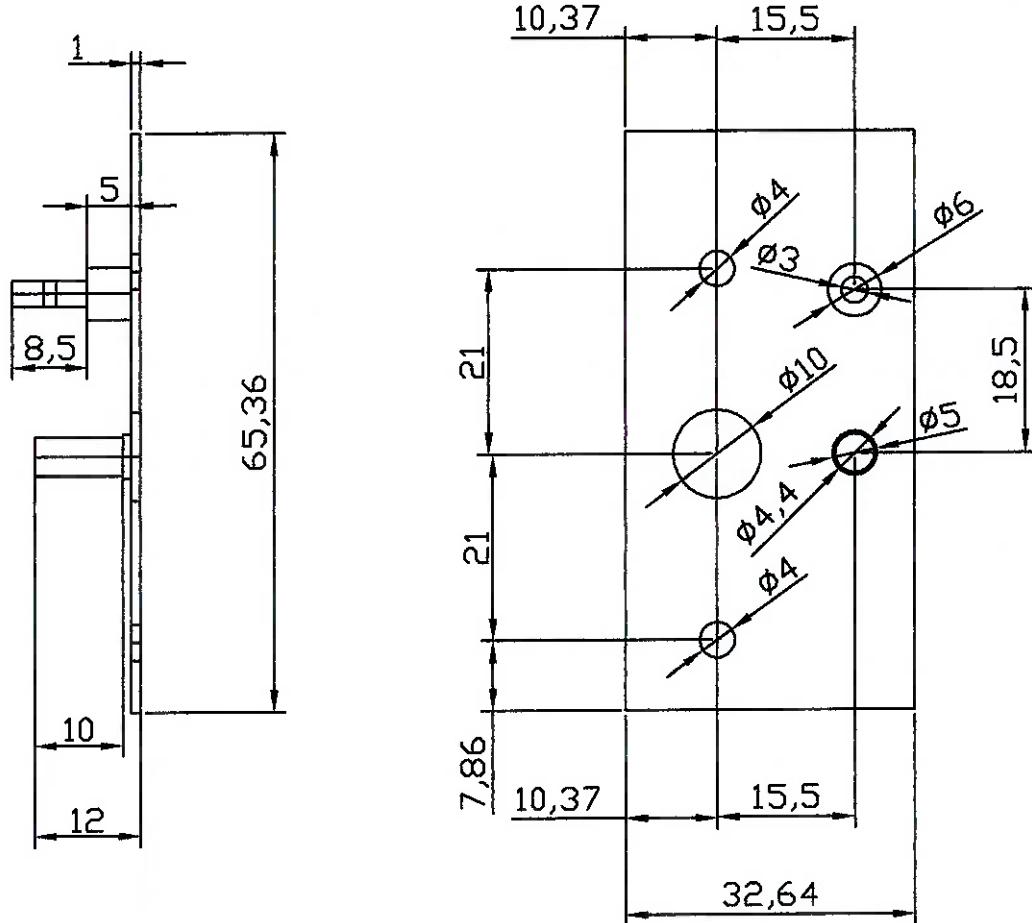
Posição	Material	Quantidade	2005	Data	Nome	Denominação	Unidade
			Des.				
09	POLIMERO	01		20/11	CAROLINA	BASE_SUPORTE_1	MM
				20/11	AUGUSTO		(Kg)
				Visto			
				TRABALHO DE FORMARURA	IDescritivo N°		
				MECANISMO CENTRAL		TF-06	Rev.N°
Rev.	Ocor.	Instruções N°	Data	Nome			



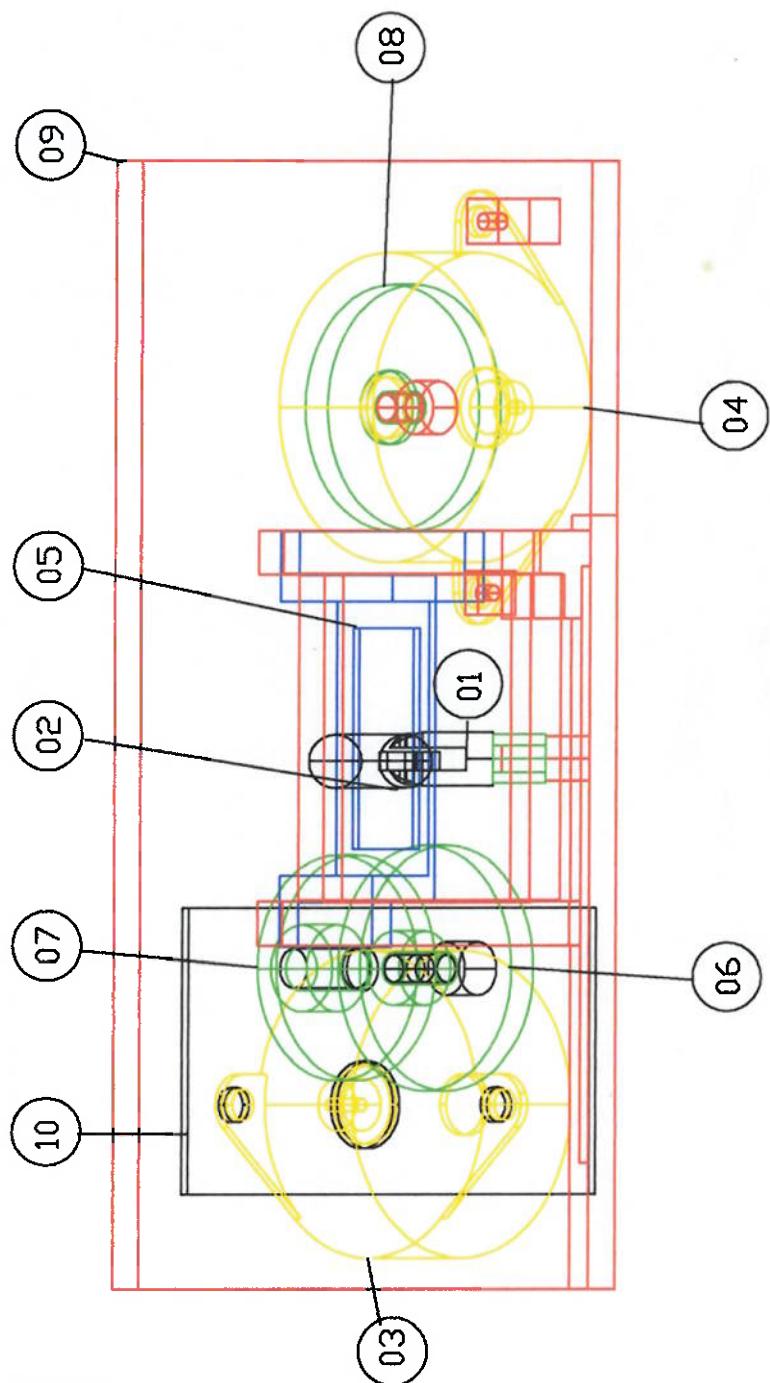
Posição	Material	Quantidade	2005	Data	Nome	Denominação	Unidade
			Des.				
09	POLIMERO	01		20/11	CAROLINA	BASE_SUPORTE_1	MM
				20/11	AUGUSTO	VISTA_AA	(Kg)
				Visto			
				TRABALHO DE FORMARURA		Desenho N°	Rev.N°
				MECANISMO CENTRAL			
Rev.	Ocor.	Instrução N°	Data	Nome		TF-07	



Posição	Material	Quantidade	2005	Data	Nome	Denominação	Unidade
			Des.				
09	POLIMERO	01		20/11	CAROLINA	BASE_SUPORTE_1	MM (Kg)
				20/11	AUGUSTO	VISTA_BB	
				Visto			
						1Desenho N°	Rev.N°
					TRABALHO DE FORMARURA MECANISMO CENTRAL	TF-08	
Rev.	Ocor.	Instruções N°	Data	Name			



Posição	Material	Quantidade	2005	Data	Nome	Denominação	Unidade
			Des.				MM (kg)
10	FERRO	01		20/11	CAROLINA	BASE_SUPORTE_2	
				20/11	AUGUSTO		
				Visto			
				TRABALHO DE FORMARURA MECANISMO CENTRAL	IDesenho N°	TF-09	Rev.N°
Rev.	Ocor.	Instruções N°	Data	Nome			



LISTA DE PEÇAS

PÓS.	DESCRÍÇÃO	DES.
01	BARRA SUPORTE 1	TF-01
02	BARRA SUPORTE 2	TF-02
03	MOTOR DE PASSO	TF-03
04	MOTOR DE PASSO	TF-03
05	GUIA MÓVEL	TF-04
06	ENGRENAGEM A	TF-05
07	ENGRENAGEM B	TF-05
08	ENGRENAGEM B	TF-05
09	BASE SUPORTE 1	TF-06
10	BASE SUPORTE 2	TF-09

Data	Nome	Denominação
20/11	CAROLINA	DESENHO_DE_CONJUNTO
20/11	AUGUSTO	
2005		Desenho N°
		TF-10
		Escala
		5:4
Rev.	Instruções	Data
		Nome
		TRABALHO DE FORMARURA
		MECANISMO CENTRAL