

2302954

**MURILO A. SALOMÃO GARCIA**  
**RAFAEL LEONE GUILHERME**

**ORIENTADOR: PROF. DR. MARCELO MASSARANI**

**Trabalho apresentado à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para a obtenção  
do título de Engenheiro Mecânico**

*Agradecimentos*

*À Larissa, por compreender os momentos de ausência.*

*Aos meus pais e irmãos, pelo apoio em todos os momentos.*

*Ao Fred, por ajudar a matar os dragões.*

***Murilo***

*Aos meus pais, por tudo.*

***Rafael***

# ÍNDICE

<b>1. ESTABELECIMENTO DAS NECESSIDADES</b>	<b>4</b>
<b>2. PESQUISA PRELIMINAR</b>	<b>6</b>
2.1.    Fixo ou Manual	6
2.2.    Controle Remoto	7
2.3.    Controle Elétrico	8
2.4.    Controle Elétrico com Memória	10
2.5.    Outros	11
2.5.1.    Desembaçador	11
2.5.2.    Lâminas Azuis	12
<b>3. DIVISÃO DO PROBLEMA</b>	<b>13</b>
3.1.1.    Dispositivo de Comando	14
3.1.2.    Dispositivo de Realização do Controle	14
3.1.3.    Dispositivo de Atuação	15
<b>4. SOLUÇÕES ENCONTRADAS</b>	<b>16</b>
4.1.    Soluções para o Dispositivo de Comando	16
4.2.    Soluções para o Dispositivo de Realização do Controle	17
4.3.    Soluções para o Dispositivo de Atuação	17
<b>5. ANÁLISE DAS SOLUÇÕES ENCONTRADAS</b>	<b>18</b>
5.1.    Análise das Soluções para o Dispositivo de Comando	18
5.1.1.    Acionamento por Botões	18
5.1.2.    Acionamento por Joystick	19
5.1.3.    Acionamento por Voz	20
5.1.4.    Acionamento por Ondas Cerebrais	20
5.2.    Análise das Soluções para o Dispositivo de Controle	21

5.2.1.	Diagrama de Relês	21
5.2.2.	Círculo Combinatório	21
5.2.3.	Círculo utilizando Contadores, Registradores e Comparadores	21
5.2.4.	Microprocessadores	22
<b>5.3.</b>	<b>Análise das Soluções para o Dispositivo de Atuação</b>	<b>22</b>
5.3.1.	Atuador Magnético	22
5.3.2.	Atuador Pneumático	22
5.3.3.	Motor AC	23
5.3.4.	Motor DC	23
5.3.5.	Motor de Passo	23
<b>6.</b>	<b>ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO</b>	<b>24</b>
6.1.	Escolha da Melhor Solução para o Dispositivo de Comando	24
6.2.	Escolha da Melhor Solução para o Dispositivo de Controle	25
6.3.	Escolha da Melhor Solução para o Dispositivo de Atuação	25
6.4.	A Melhor Solução	25
<b>7.</b>	<b>ÁREAS DE ESTUDO E TRABALHO</b>	<b>26</b>
<b>8.</b>	<b>MICROCONTROLADOR</b>	<b>28</b>
8.1.	Diferença entre sistema real e protótipo	28
8.2.	Seleção do controlador utilizado no projeto	30
8.3.	Programação	32
8.4.	Aspectos de Memória	32
<b>9.</b>	<b>SENSOREAMENTO</b>	<b>34</b>
9.1.	Abordagem do problema / Definição da necessidade	34
9.2.	Seleção dos sensores	35
9.3.	Parâmetros do Sistema de Sensoreamento	36

<b>10. CIRCUITOS LÓGICOS</b>	<b>38</b>
10.1. Aspectos Técnicos	38
10.2. Os Problemas	40
10.2.1. Sinais de comando do usuário (E, D, C, B)	40
10.2.2. Sinais de memória do usuário (M1, M2, M3)	40
10.2.3. Seleção do espelho retrovisor a ser ajustado (com posição neutra)	41
10.2.4. Posicionamento “Ré”	41
10.2.5. Controle dos motores	42
10.2.6. Sensores	43
10.2.7. Leitura ou Gravação na memória	43
10.2.8. Controle de seleção do retrovisor a ser ajustado	43
10.3. As Soluções	44
10.3.1. Sinais de comando do usuário (E, D, C, B)	45
10.3.2. Sinais de memória do usuário (M1, M2, M3)	45
10.3.3. Seleção do espelho retrovisor a ser ajustado (com posição neutra)	48
10.3.4. Posicionamento “Ré”	49
10.3.5. Controle dos motores	50
10.3.6. Sensores	51
10.3.7. Leitura ou Gravação na memória	52
10.3.8. Controle de seleção do retrovisor a ser ajustado	53
<b>11. MECANISMO DE MOVIMENTAÇÃO</b>	<b>54</b>
11.1. Angulação	54
11.2. Análise do mecanismo existente	57
11.3. Sugestão do mecanismo “Junta esférica”	64
11.4. Análise e projeto da junta esférica	67
<b>12. REFERÊNCIAS</b>	<b>70</b>
12.1. Bibliográficas	70
12.2. Revistas e Catálogos	71
12.3. Endereços da Internet	71

12.4.	Empresas Consultadas	72
12.5.	Empresas Visitadas	72
<b>13. ANEXOS</b>		<b>73</b>
13.1.	Listagem do Programa	73
13.2.	Desenho do mecanismo	84
13.3.	Folhas de Dados dos Componentes Eletrônicos (Data Sheets)	85
13.4.	Esquema Eletrônico da Placa de Prototipagem	86

## 1. ESTABELECIMENTO DAS NECESSIDADES

A utilização correta dos espelhos retrovisores, aliada a uma posição adequada ao dirigir, constitui fator determinante na prevenção de acidentes automobilísticos. O código de trânsito atualmente vigente no Brasil considera item de segurança — e consequentemente obrigatório — os espelhos retrovisores.

Mais que importantes, fundamentais, os espelhos permitem ao motorista o reconhecimento de tudo o que passa lateral e posteriormente ao seu veículo. Torna-se dessa maneira mais fácil a antevisão dos acontecimentos, que permite ou proíbe, por exemplo, a realização de uma manobra.

Assim como diversos equipamentos do veículo, os espelhos retrovisores carecem de regulagens individuais, uma vez que cada motorista possui sua particular posição de dirigir. A regulagem os espelhos externos, se não mais difícil, se apresenta mais incômoda que a dos internos, devendo-se isso à própria localização dos espelhos.

Não são infreqüentes os casos de pessoas que, por preguiça, pressa ou desconhecimento, deixam de realizar o ajuste dos espelhos retrovisores, tornando-se, consciente ou não, causa ou vítima de acidentes. Ajustar e fazer uso dos espelhos é portanto imprescindível, cabendo à Engenharia

disponibilizar meios que tornem, cada vez mais, a regulagem dos espelhos retrovisores externos, tarefa simples e rápida.

Propomos, neste trabalho projetar um sistema de regulagem dos espelhos retrovisores externos, sistema este que deve ser simples de operar, prático, rápido, e, na medida do possível, não possuir custo elevado.

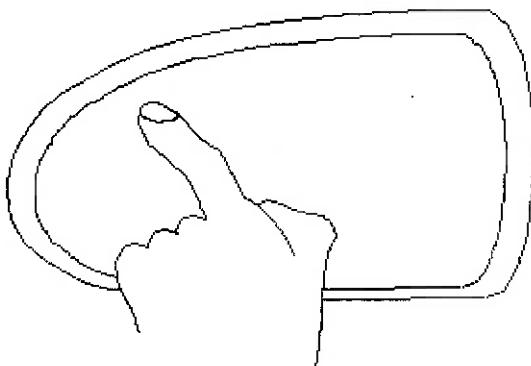
## 2. PESQUISA PRELIMINAR

Antes de darmos início à etapa de síntese de soluções elencaremos os modelos de retrovisores externos atualmente existentes no mercado. Uma breve explicação acompanhará cada modelo.

Os tipos de retrovisores externos disponíveis no mercado nacional são os seguintes :

### 2.1. Fixo ou Manual

Este é o modelo mais simples e mais barato disponível no mercado. O ajuste do espelho é feito manualmente. Para tanto o motorista deve empurrar o vidro do espelho (lâmina) com a mão, posicionando-o adequadamente (*figura 1*). A lâmina, através de um suporte, é apoiada em um mecanismo que permite as rotações em torno dos eixos vertical e horizontal.



*Figura 1 - Ajuste do Espelho Retrovisor Manual*

Durante muito tempo este foi o modelo mais largamente utilizado, e esse fato é em grande parte explicado pelo seu custo diminuto. Nos últimos anos, o acelerado desenvolvimento e consequente redução do custo de outro modelo de retrovisor (Controle Remoto) fez com que este assumisse grande parte do mercado do modelo manual. Mais abaixo detalharemos o funcionamento do modelo de controle remoto.

O valor atual para compra de um retrovisor manual (VW Gol) é, em concessionárias, em média R\$50,00<sup>1</sup>

## 2.2. Controle Remoto

Aqui também é efetuado um ajuste manual, porém, ao invés de tocar o vidro do espelho, o motorista aciona uma alavanca posicionada no interior do veículo, junto ao retrovisor (*figura 2*). Cabos conectam a alavanca ao mecanismo que realiza a movimentação da lâmina. Este mecanismo, na maior parte das vezes, é idêntico ao utilizado nos retrovisores manuais. Obtém-se assim um maior conforto para o motorista, que não precisa abrir o vidro e colocar o braço para fora do veículo. Outra vantagem deste modelo é que, devido ao usuário não tocar a lâmina, esta permanece livre de impressões digitais.

Como já foi anteriormente dito, esse modelo é atualmente o mais utilizado pois seu custo atingiu valores suficientemente baixos.

---

<sup>1</sup> Vide: Referências – Empresas Consultadas

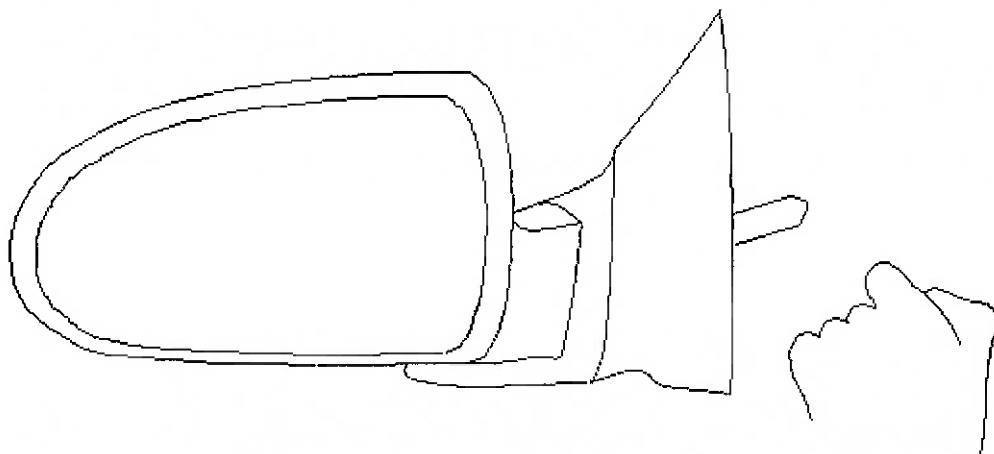


Figura 2 - Ajuste do Espelho Retrovisor com Controle Remoto

O valor atual para compra de um retrovisor manual (VW Gol) é, em concessionárias, em média R\$129,00<sup>2</sup>

### 2.3. Controle Elétrico

Um grande problema dos retrovisores externos anteriormente citados é a dificuldade de ajuste do retrovisor direito (ou esquerdo quando a mão adotada é inglesa) pelo motorista, consistindo tarefa impossível de ser realizada sem que este tenha que lançar-se em direção à alavanca situada no lado oposto. No caso do modelo manual o ajuste se mostra ainda mais difícil, devendo o motorista realizá-lo no banco do passageiro ou até mesmo fora do veículo. Evidencia-se assim a necessidade de um sistema que permita a regulagem

---

<sup>2</sup> Vide: Referências – Empresas Consultadas

sem esses inconvenientes, pois é imperativo que o motorista dispenda a mínima atenção possível a ações não relacionadas ao ato de dirigir.

Vindo ao encontro dessa necessidade surgiu o modelo eletricamente controlado, que hoje está disponível como item de série em veículos mais luxuosos e como opcional nos mais simples. Este modelo faz uso de motores elétricos, que são responsáveis pela movimentação da lâmina. Em cada um dos retrovisores há dois desses motores, um para o ajuste vertical e outro para o horizontal — como veremos adiante, é interessante que o usuário não perceba essa independência, podendo efetuar ajustes diagonais que, na verdade, serão “traduzidos” em horizontal e vertical.

É importante e interessante ressaltar que o mecanismo de movimentação da lâmina permanece igual ao utilizado nos modelos anteriores, sendo apenas adaptado para receber os dois motores elétricos.

A utilização de um sistema elétrico permite que o motorista controle os dois espelhos fazendo uso do mesmo acionamento. Explica-se: há um botão (ou dispositivo similar de acionamento), localizado no console central ou na porta do automóvel, que comuta entre ajuste do espelho esquerdo e do espelho direito. Em alguns dispositivos há ainda uma posição neutra, que desativa o sistema evitando que esbarrões acidentais provoquem desajustes. O usuário deve dessa forma escolher o espelho a ser ajustado e, através de outro acionamento, ajustá-lo. Alguns dispositivos possuem a seleção e o ajuste incorporados, facilitando sua utilização.

O valor atual para compra de um retrovisor elétrico (VW Gol) é, em concessionárias, em média R\$240,00<sup>3</sup>

#### **2.4. Controle Elétrico com Memória**

Não disponível em veículos nacionais e disponível apenas nos importados de alto luxo, o modelo de retrovisor externo com memória de posição constitui hoje um grande desafio para os engenheiros, que tentam torná-lo mais acessível, procurando reduzir o custo de seus componentes.

Seu funcionamento está baseado na memorização das posições, devendo o usuário realizar um primeiro e único ajuste que, a partir de então, ficará guardado em uma das posições de memória disponíveis.

Explicando de forma simples: o motorista antes de começar a dirigir pela primeira vez, ajusta os retrovisores esquerdo e direito através de um mecanismo semelhante ou idêntico ao elétrico sem memória de posição. Uma vez ajustados, o motorista escolhe uma das posições de memória, apertando o botão correspondente. A partir daí, sempre que este usuário apertar o botão que corresponde ao seu ajuste, o sistema se encarregará de levar, a partir de qualquer outra posição, o espelho à posição adequada.

---

<sup>3</sup> Vide: Referências – Empresas Consultadas

O número de memórias disponíveis pode ser tão grande quanto se queira embora, para utilização cotidiana, não necessite ser superior a três, que corresponde ao uso do mesmo carro por três motoristas diferentes.

É evidente a comodidade e praticidade desse sistema de ajuste já que, para relevante parcela dos motoristas, reajustar a posição ideal cada vez que o veículo é utilizado por outrem consiste tarefa desagradável — até mesmo irritante — alem de demandar um tempo muitas vezes valioso e escasso.

## **2.5. Outros**

Aqui faremos uma breve descrição de componentes que não visam substituir e sim complementar os modelos anteriormente citados, podendo e devendo ser encarados como acessórios.

### **2.5.1. Desembaçador**

Um inconveniente cotidianamente enfrentado pelo motorista é o embaçamento dos espelhos retrovisores externos nos dias chuvosos. Um sistema de relativa simplicidade e que eficazmente resolve o problema é o aquecedor da lâmina do espelho, que tem funcionamento semelhante ao desembaçador do vidro traseiro. Resistências elétricas dispostas no lado interno da lâmina (a parte de

trás, não responsável por refletir imagens) são acionadas pelo motorista, aquecendo e desembaçando o espelho. Em modelos mais luxuosos o acionamento deixa de ser realizado pelo motorista, passando a fazer uso de um sensor de chuva que, entre outras, tem também a função de acionar os limpadores de pára-brisas.

### **2.5.2. Lâminas Azuis**

Encaradas por muitos como um acessório puramente estético, as lâminas de cor azul tem importante função antifuscante, tendo sido desenvolvidas para aumentar o conforto visual durante a noite, pois diminuem a intensidade do reflexo dos faróis de outros veículos.

### 3. DIVISÃO DO PROBLEMA

Sucintamente, nosso problema consiste no posicionamento dos espelhos retrovisores externos de um veículo. Concentraremos nossos estudos nas formas de acionamento que não impliquem grandes movimentos do motorista.

Para facilitar a etapa de síntese de soluções, estruturamos o projeto na forma de um sistema a ser dividido em subsistemas que, integrados, realizam a tarefa pretendida. Podemos assim estudar cada parte separadamente.

Têm-se assim:

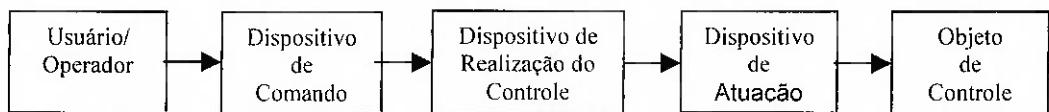
- Dispositivo de Comando
- Dispositivo de Realização do Controle
- Dispositivo de Atuação

Essa divisão corresponde à apresentada no livro “Controle Programável” <sup>4</sup>, para sistemas do tipo SED (Sistemas a Eventos Discretos). A divisão tem, como foi dito anteriormente, a finalidade de facilitar a síntese de soluções, não indicando que obrigatoriamente usaremos um sistema de controle SED.

---

<sup>4</sup> Vide: Referências – Bibliografia

O diagrama abaixo ilustra a sequência e o encadeamento desses dispositivos, acrescentando ainda dois elementos que correspondem à entrada (ação do usuário) e à saída (movimento do espelho).



### **3.1.1. Dispositivo de Comando**

Esta é a parte do sistema que faz a interação com o usuário / operador. Através dele o motorista comanda todo o funcionamento do conjunto. Como veremos posteriormente, este dispositivo pode ser desde dois botões até sofisticados aparelhos, por exemplo reconhecimento de voz.

### **3.1.2. Dispositivo de Realização do Controle**

Aqui é feita a transdução do comando do operador em sinais, para que o atuador realize a movimentação do espelho.

### 3.1.3. Dispositivo de Atuação

Este último dispositivo é o que, utilizando o sinal do controle, efetivamente realiza a movimentação do espelho.

Após a divisão do projeto, utilizamos o recurso de *Brainstorming* para gerar soluções para cada um dos subsistemas.

## 4. SOLUÇÕES ENCONTRADAS

### 4.1. Soluções para o Dispositivo de Comando

- Acionamento por botões
  - 4 botões
  - 2 botões
- Acionamento por Joystick
- Acionamento por voz
- Acionamento por ondas cerebrais

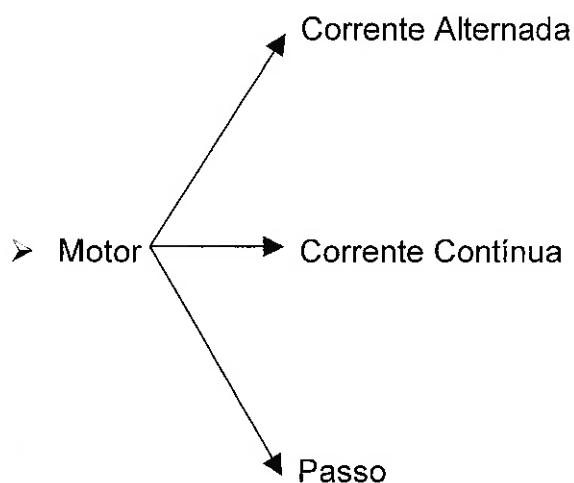
Um complemento ao sistema de comando seria a opção de se memorizar a posição do espelho de um ou mais usuários. Neste caso precisaríamos utilizar, além dos acionamentos supra citados, botões de memória.

#### 4.2. Soluções para o Dispositivo de Realização do Controle

- Diagrama de relês
- Circuito combinatório
- Circuito utilizando contadores, registradores e comparadores
- Microprocessadores

#### 4.3. Soluções para o Dispositivo de Atuação

- Atuador magnético
- Atuador pneumático



## 5. ANÁLISE DAS SOLUÇÕES ENCONTRADAS

Estando o projeto estruturado como um sistema subdividido, é natural que a análise das soluções encontradas seja feita individual e independentemente para cada subsistema. A princípio, a combinação das melhores escolhas de cada subsistema resultaria o melhor projeto. Verificaremos que, respeitadas e descartadas as possíveis incompatibilidades, essa combinação verdadeiramente produz a melhor solução.

### 5.1. Análise das Soluções para o Dispositivo de Comando

#### 5.1.1. Acionamento por Botões

Um dos mecanismos de acionamento mais simples existentes, encontra grande receptividade dos usuários, devido à familiaridade gerada pelas utilizações mais diversas (a maioria dos eletrodomésticos por exemplo possui botões para operá-los). A diferença do uso de quatro ou dois botões está simplesmente na possibilidade ou não de se movimentar a lâmina nas quatro direções (para cima, para baixo, direita e esquerda) sem que seja necessário qualquer tipo de comutação.

Explica-se: ao utilizarmos dois botões, temos que definir a priori se queremos fazer o ajuste horizontal ou vertical. Uma vez definido, um dos botões passa a

movimentar a lâmina em um sentido (para cima ou para a esquerda por exemplo), enquanto o outro fica responsável pelo movimento no sentido oposto (para baixo ou para a direita). Para se efetuar o ajuste na outra direção deve-se apertar um terceiro botão que, comutando, permite a regulagem.

Quando se lança mão da utilização de quatro botões, não há a necessidade de se alterar posições de ajuste, pois cada botão corresponde a um sentido.

É relevante notar que o acionamento por dois botões (na verdade três), embora à primeira vista pareça mais simples, devido ao menor número de componentes, é mais complexo do ponto de vista do usuário, pois demanda duas operações diferentes, a seleção e o ajuste.

### **5.1.2. Acionamento por Joystick**

O acionamento por Joystick é uma melhoria funcional — e estética — do acionamento por quatro botões, sendo composto por quatro contatos elétricos interiores ao acionamento. Quando o motorista direciona o joystick para uma direção é fechado o contato elétrico correspondente, movimentando o espelho. Observa-se que, apesar de dar a impressão de movimento em qualquer direção, o joystick os realiza apenas horizontal e verticalmente, à semelhança do acionamento por quatro botões.

Não pode ser considerado irrelevante, entretanto, a vantagem estética que o joystick leva sobre os quatro botões, uma vez que o público alvo são usuários de veículos, muitas vezes leigos.

#### **5.1.3. Açãoamento por Voz**

Este comando seria de grande valia na medida em que possibilita ao usuário ajustar a posição do espelho retrovisor sem necessidade de retirar as mãos do volante. Entretanto, a tecnologia necessária, embora existente, ainda tem um custo excessivamente elevado.

#### **5.1.4. Açãoamento por Ondas Cerebrais**

Aqui nos deparamos com o fato de estarmos trabalhando na fronteira da tecnologia. Estudos nesta área estão sendo desenvolvidos na Alemanha e nos EUA, demandando grandes investimentos. Tendo em vista o alcance de nosso trabalho, a que ele se propõe e suas limitações financeiras, o uso de tal comando se mostra inviável.

## **5.2. Análise das Soluções para o Dispositivo de Controle**

### **5.2.1. Diagrama de Relês**

Baseado em chaves elétricas e temporizadores, o diagrama de relês nos fornece uma ferramenta para o controle de variáveis discretas. Embora muito utilizado, vem perdendo aplicações na medida em que, por se tratar de uma linguagem de programação de baixo nível (pois é feita através de chaves) exige grandes e específicos conhecimentos.

### **5.2.2. Circuito Combinatório**

Analogamente ao diagrama de relês, o circuito combinatório realiza uma lógica através das diferentes disposições e combinações de portas lógicas.

### **5.2.3. Circuito utilizando Contadores, Registradores e Comparadores**

Através de uma pesquisa realizada junto a professores da área de Automação, concluiu-se que o uso desse tipo de controle foi superado pelo uso de microprocessadores, que incorporam todas as características destes componentes, além de possuir qualidades como facilidade de programação e de obtenção no mercado.

#### **5.2.4. Microprocessadores**

O microprocessador vem ampliando cada vez mais sua área de aplicação substituindo, a preços cada vez menores, antigos dispositivos como diagrama de relês e circuitos combinatórios. Possui como grandes vantagens competitivas a rapidez e a propriedade de ser um dispositivo dotado de “memória”.

### **5.3. Análise das Soluções para o Dispositivo de Atuação**

#### **5.3.1. Atuador Magnético**

O uso destes atuadores tem como inconveniente a impossibilidade de, em um equipamento de baixo custo, mantermos posições intermediárias ao início e fim de curso. Torna-se, assim, impossível sua utilização neste projeto.

#### **5.3.2. Atuador Pneumático**

Existem basicamente dois tipos de atuadores: lineares (pistões) ou rotativos (motores). Os pistões tem como inconveniente a impossibilidade de mantermos posições intermediárias ao início e fim de curso. Quanto aos motores o fator limitante é o custo (R\$785,86 cada / Festo Automação Ltda). Portanto essas alternativas mostram-se inviáveis.

### **5.3.3. Motor AC**

Dado que os veículos já possuem uma fonte de tensão DC (bateria) o uso de motores AC torna-se excessivamente complexo e custoso, sendo portanto inviável.

### **5.3.4. Motor DC**

Largamente utilizado, o motor DC alcançou ao longo do tempo confiabilidade e flexibilidade de utilização inigualáveis, constituindo sempre a primeira escolha quando se faz possível sua utilização. Simples e fácil de operar, possui, tendo em vista o nosso trabalho, a vantagem de possuir uma fonte de alimentação permanentemente disponível, pois faz uso da bateria do veículo.

### **5.3.5. Motor de Passo**

Embora os motores de passo venham alargando cada vez mais sua faixa de aplicação, através da redução de seu custo, a maioria dos modelos comercialmente disponível e que poderiam ser utilizados em nosso projeto apresenta fragilidade excessiva, não respondendo de forma razoável às adversas condições de uso.

## 6. ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO

Até o presente momento não havíamos definido uma importante característica de nosso sistema e que é determinante para a escolha da melhor solução. Trata-se da utilização ou não do recurso de *memória de posições*, que, como citado anteriormente, é atualmente o maior objeto de pesquisas e desenvolvimento de soluções por parte dos engenheiros envolvidos com a indústria automobilística.

Por tudo isso e por pensarmos ser este um trabalho onde devemos ao máximo exercitar as capacidades desenvolvidas no curso de Engenharia Mecânica, optamos por projetar um sistema de ajuste de espelhos retrovisores externos com memória de posição.

Fica evidente pois que todas as soluções encontradas, para os três subsistemas, que, por um ou mais motivos, não forem compatíveis com a possibilidade de se memorizar soluções, sejam excluídas.

### 6.1. Escolha da Melhor Solução para o Dispositivo de Comando

O joystick se apresenta como melhor solução quando se considera aspectos como simplicidade, facilidade de manuseio, estética, custo e viabilidade física.

## **6.2. Escolha da Melhor Solução para o Dispositivo de Controle**

O microprocessador constitui a melhor escolha quando se necessita memorizar posições de ajuste, sendo sua escolha determinada por esta característica do projeto. A utilização de contadores, registradores e comparadores, embora possível foi descartada por estar tecnologicamente ultrapassada.

## **6.3. Escolha da Melhor Solução para o Dispositivo de Atuação**

O motor DC foi escolhido tendo em vista os critérios simplicidade, resistência, robustez e custo.

## **6.4. A Melhor Solução**

Nosso projeto será portanto de um sistema de posicionamento elétrico dos espelhos retrovisores externos de um veículo, possuindo a característica de memorizar diferentes ajustes. O dispositivo de comando utilizado será o joystick, o de controle um microprocessador e o de atuação um motor elétrico de corrente contínua.

## 7. ÁREAS DE ESTUDO E TRABALHO

Uma vez determinada a melhor solução – e portanto alguns parâmetros de nosso projeto – fica possibilitado o desenvolvimento (projeto) de todos os elementos de nosso sistema. Visando organização e metodologia tal desenvolvimento será realizado utilizando-se a divisão por áreas de trabalho e/ou estudo, a seguir especificadas:

### **Microcontrolador**

Nesta área de trabalho abordaremos e solucionaremos questões relativas ao microcontrolador, entre elas:

- Diferença entre sistema real e protótipo
- Seleção do controlador utilizado no projeto
- Programação
- Aspectos de Memória

### **Sensoreamento**

Nesta área de trabalho serão abordadas e solucionadas questões relativas ao sensoreamento, entre elas:

- Abordagem do problema e definição da necessidade

- Seleção do tipo de sensor

## Circuitos Lógicos

Esta área de trabalho será dedicada à descrição, detalhamento e solução dos problemas elétricos que envolvam circuitos lógicos. Estes circuitos são responsáveis por “traduzir” os sinais de comando e atuação, visando a interface com o microcontrolador. Oito diferentes problemas serão abordados e solucionados.

## Mecanismo de movimentação

De grande importância, esta área de trabalho será dedicada ao estudo do mecanismo que realiza a movimentação da lâmina. Serão abordados os seguintes aspectos:

- Angulação
- Análise do mecanismo existente
- Sugestão de um novo mecanismo (junta esférica)
- Analise e projeto da junta esférica

Nos tópicos que seguem detalharemos as áreas de estudo, realizando assim uma análise mais aprofundada das peculiaridades inerentes a cada área.

## 8. MICROCONTROLADOR

Definido como a primeira área de estudo, o microcontrolador desempenha função vital no sistema, visto que centraliza e processa as operações de controle, além de ser responsável por todo o aspecto de memória presente em nosso sistema. Objeto de pesquisa mercadológica, sua seleção merece destaque pois está fundamentada na oposição custo – desempenho, que por sua não simplicidade exige cuidadosa e correta análise.

### 8.1. Diferença entre sistema real e protótipo

O primeiro aspecto do estudo é estabelecer e evidenciar a diferença entre o projeto do sistema efetivamente utilizado e o protótipo. Na prototipagem tem-se como intuito destacar aspectos determinantes do projeto, dado que, ressaltados estes e eliminados os de caráter secundário, obtém-se a simplificação necessária para o avanço e conclusão do estudo.

Dessa forma – e constituindo talvez o exemplo mais claro e direto da diferença – na prototipagem trabalha-se com apenas um conjunto retrovisor, uma vez que toda a análise pode ser repetida – a menos de detalhes mínimos – para o segundo conjunto. Ressalta-se que nos referimos aqui à parte física, construtiva do projeto, já que toda a arquitetura lógica, de comando e controle,

será feita considerando o sistema efetivamente presente no automóvel (dois retrovisores externos).

Outra diferença, esta específica da utilização de um microcontrolador, é a maneira de se programar e transferir (“download”) o código para o controlador. Primeiramente se faz importante uma rápida explicação de como e porque este procedimento é realizado. O controlador desempenha suas funções através de um programa de computador que para ele é carregado, e que lá fica gravado, temporária ou definitivamente como veremos adiante. São diversas as características desse procedimento, particularmente na linguagem de programação utilizada e na transferência do código. Não constitui tarefa difícil perceber que, na etapa de projeto, interessante se faz o uso de uma linguagem versátil e de fácil entendimento, além de se fazer preferível a gravação temporária do código no microcontrolador, uma vez que nesta etapa constantes modificações e testes se fazem necessários.

Na prototipagem a linguagem de programação utilizada é o “Pbasic”, que em etapa subsequente dará origem a um código em “Assembler”. A transferência do código para o controlador é realizada via porta serial, e possui caráter temporário. A transferência de um novo código substitui o anteriormente presente.

Uma vez finalizado o projeto – e definido portanto o código efetivo a ser utilizado – uma ferramenta de software específica gera um programa que é então gravado de forma definitiva na memória. Este código tem como principal

característica o tamanho reduzido, o que possibilita a máxima otimização do espaço de memória, que por sua vez afeta diretamente o custo, reduzindo-o.

## **8.2. Seleção do controlador utilizado no projeto**

Fundamental, tanto para o estudo e projeto como para o sucesso comercial de nosso sistema, a escolha do controlador deve ser feita criteriosamente, de forma a otimizar o desempenho minimizando o custo total. Tendo isso como meta determinou-se os parâmetros de seleção, ou seja, quais os aspectos a serem observados na comparação dos controladores disponíveis comercialmente. Determinou-se assim que Custo, Desempenho e Facilidade de Programação seriam os itens a serem avaliados na comparação.

A primeira etapa é, portanto, determinar quais sistemas cumprem as exigências mínimas de projeto, que em nosso caso se resumem a: número mínimo de portas de entrada / saída igual a 16; facilidade de se trabalhar com o controlador em prototipagem, uma vez que, como explicado anteriormente, será elaborado um protótipo do sistema. Após contatos com professores da Área de Microeletrônica e uma breve pesquisa de mercado, constatou-se que dois sistemas estavam adequados às nossas necessidades. São eles: "BASIC STAMP II", fabricado pela "Parallax Incorporation" e "Emulador de 68HC011", da "Motorola Incorporation".

É importante ressaltar que ambos os equipamentos são emuladores de um chip, ou seja, um conjunto que, englobando este último, possui ainda diversos outros componentes necessários à prototipagem. Utiliza-se, dessa maneira, todo o conjunto na etapa de projeto e somente o chip para a produção em larga escala. O chip utilizado no controlador da Motorola é, como diz o próprio nome, denominado 68HC011, enquanto que o utilizado no Basic Stamp II é denominado PIC16C57, este fabricado pela "MicroChip Incorporation".

Uma vez definidos os equipamentos disponíveis, procede-se à comparação, baseando-se nos parâmetros de seleção.

O emulador de 68HC011 é um aparato vastamente utilizado, tanto em prototipagem como em escala industrial, possui ampla literatura e referências e utiliza como linguagem de programação o Assembler, considerada de média dificuldade. A grande restrição à sua utilização é o custo, tanto do emulador quanto do chip. O preço<sup>5</sup> do emulador, disponibilizado no Brasil, é de aproximadamente US\$ 2000,00, enquanto o chip, se requisitado em grandes quantidades, custa US\$ 20,00.

Já o Basic Stamp II é um controlador desenvolvido visando a prototipagem, possuindo para tanto diversas e exclusivas funções específicas para tal finalidade. Possui literatura ampla, embora não possua um histórico de utilização tão extenso quanto o do chip da Motorola. A linguagem utilizada para

---

<sup>5</sup> "Tele Rádio Comercial Ltda.", representante Motorola

programá-lo é o Pbasic, derivada do Basic Padrão e considerada pelos programadores uma linguagem fácil e imediata. O grande diferencial desse controlador é o custo, bastante reduzido em comparação ao 68HC011. O Basic Stamp II é encontrado à venda, no Brasil<sup>6</sup>, por US\$ 256,00, enquanto seu chip, PIC, fabricado pela MicroChip, custa em torno de US\$ 5,00<sup>7</sup>.

Visto que em dois itens da comparação – custo e facilidade de programação – o Basic Stamp se mostrou a melhor opção, e no referente ao terceiro critério – desempenho – esse controlador se mostrou suficiente, é esta a escolha preferível, sendo portanto o emulador da Parallax selecionado para o nosso projeto.

### **8.3. Programação**

A listagem do programa se encontra no *item 13 – anexos*.

### **8.4. Aspectos de Memória**

Tanto no protótipo como no sistema real a memória utilizada é do tipo EEPROM, conectada ao chip de controle. Este tipo de memória possui como

---

<sup>6</sup> “ANACOM Software e Hardware Ltda.”

<sup>7</sup> “Mecatron Ltda”

diferencial a possibilidade de ser regravada de forma elétrica, através do software do microcontrolador, além de não perder os dados armazenados quando o sistema não está energizado. Tal característica é fundamental em nosso projeto pois as memórias de posição (M1, M2 e M3) devem ser mantidas mesmo quando toda a parte elétrica do veículo se encontre desligada.

## 9. SENSOREAMENTO

### 9.1. Abordagem do problema / Definição da necessidade

Muito importante quando se aborda um problema de controle, o entendimento do conceito de malha aberta / malha fechada e suas aplicações é fator necessário e determinante para todas as etapas posteriores do projeto. De forma simplificada diz-se que um sistema trabalha em malha aberta quando o sistema não possui realimentação, ou seja quando as instruções de comando independem da resposta da planta. A malha fechada é então caracterizada pela existência de uma realimentação, que faz a resposta da planta influir no comando.

Em nosso projeto – e devido à complexidade deste – se faz necessário operar o sistema em ambos os modos. Dessa forma, quando o usuário realiza o ajuste visando a posterior memorização da posição o sistema trabalha em malha aberta. Uma vez memorizada, quando se deseja recuperar a posição, o sistema passa a trabalhar em malha fechada. O sistema, independentemente do usuário, deve então identificar as presentes coordenadas e, a partir destas, determinar as subsequentes, até que se atinja a posição pré-determinada.

Uma vez necessário o uso da malha fechada, a necessidade de sensoreamento se faz presente, pois é através de sensores que o controle obtém as informações de realimentação.

## **9.2. Seleção dos sensores**

Explicitada a necessidade da utilização de sensores, a seleção desses passa a ser o objeto de estudo. Para tanto deve-se determinar quais parâmetros serão utilizados neste processo, ou seja, determinar quais características devem ser relevadas na comparação. Não menos importante é a verificação dos equipamentos disponíveis, dos sensores disponíveis no mercado que cumpram as exigências mínimas de projeto e que apresentem exequibilidade física.

Em nosso projeto os parâmetros considerados importantes e suficientes são: Custo, Resistência e Eficiência. O primeiro se apresenta como critério na grande maioria dos projetos, uma vez que qualquer produto – salvas raras exceções – deve ser competitivo. Nossa caso não é diferente, visto que se trata de um equipamento produzido em larga escala e que visa o competitivo mercado automobilístico. A resistência também é característica fundamental do sensor pois, fazendo parte de um equipamento externo ao automóvel, estará exposto às mais diversas condições de operação. Devemos salientar também a importância da eficiência, uma vez que dela depende o funcionamento adequado do sistema.

Os sensores que satisfazem as exigências de projeto são os potenciômetros e os encoders ópticos. As características dos potenciômetros – já se levando em consideração os critérios de seleção – são baixo custo (R\$ 2,50 em lojas de varejo), resolução suficiente e resistência às condições de operação. Já os

encoders possuem custo relativamente elevado (R\$ 10,00 também no varejo), resolução elevada e relativa resistência às condições de operação.

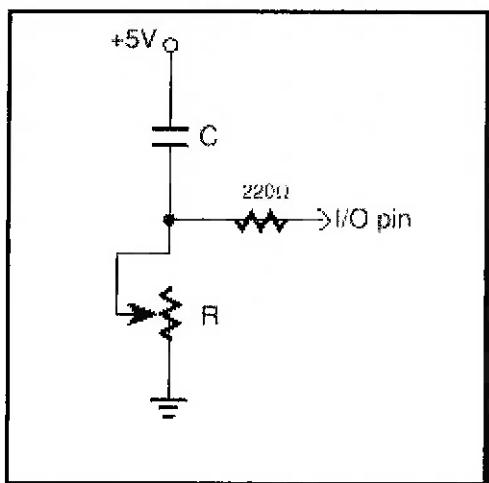
Uma vez que o único diferencial positivo da utilização de encoders é a maior resolução, e que ainda assim o desempenho dos potenciômetros mostrou-se suficiente, a utilização destes se mostra preferível. Nota-se ainda que uma posterior mudança do sensor utilizado – devida por exemplo a um barateamento dos encoders – implica mínimas alterações do sistema.

Com relação ao tipo de potenciômetro, dois são os tipos básicos disponíveis comercialmente: rotativo e deslizante. Em nosso projeto optamos pela utilização do potenciômetro deslizante. Tal decisão foi devida principalmente à forma de acoplamento entre este e o mecanismo. No modelo deslizante este acoplamento é feito através de um dispositivo simples, ao contrário do modelo rotativo, onde seria necessária a utilização de um dispositivo bem mais complexo. Detalhes desse dispositivo de acoplamento e de sua fixação serão apresentados posteriormente (*item 11 - Mecanismo de movimentação*).

### **9.3. Parâmetros do Sistema de Sensoreamento**

A utilização de potenciômetro deslizante como sensor demanda um circuito elétrico que “traduza” os valores de resistência em valores de tensão elétrica. Isso se mostra necessário pela particular forma de entrada desse dado no microcontrolador, já que este monitora a tensão (estado) nos pinos destinados

ao sensoreamento. É a partir do tempo que o pino leva para passar de um estado para outro que se obtém o valor da resistência do potenciômetro e portanto a posição da lâmina. O circuito elétrico em questão é do tipo RC, ilustrado na *Figura 3*.



*Figura 3 - Circuito do Sistema de Sensoreamento*

## 10. CIRCUITOS LÓGICOS

### 10.1. Aspectos Técnicos

Em nosso projeto os circuitos lógicos desempenham função importante pois são responsáveis por interfacear o microcontrolador com todos os elementos que com ele se relacionam.

Tomando-se por exemplo os botões direcionais, operados pelo usuário: são cinco as possibilidades, quatro relativas aos sentidos possíveis de movimentação e uma relativa a não movimentação. A informação que se deseja passar ao controlador é portanto qual estado (possibilidade) encontra-se o sistema num dado instante. O microcontrolador deve, de alguma forma, entender, receber a informação.

Como explicado anteriormente (cap. 8) o controlador possui, para interface, pinos, que podem adquirir estado de entrada ou saída de dados. Como em qualquer sistema, em particular os estudados em Engenharia, os recursos são limitados. No problema em questão a limitação apresenta-se justamente na quantidade fixa de pinos disponíveis (16), pois este número de pinos deve prover todos os diversos tipos de interface. O problema, claramente de Engenharia, passa a ser portanto otimizar, racionar a utilização dos pinos.

Voltando ao exemplo, a primeira solução visualizada seria a utilização de quatro pinos, um para cada sentido. Quando o botão relativo à movimentação horizontal para esquerda (E), por exemplo, fosse apertado, o pino do controlador correspondente a este sentido receberia o sinal "1" (5V). Analogamente todos os outros três sentidos receberiam pinos correspondentes. A não movimentação seria representado pelo sinal "0" (0V) em todos os quatro pinos.

Um estudo mais detalhado nos mostra porém que, utilizando-se lógica booleana, pode-se ampliar as possibilidades de utilização dos pinos do controlador. Mais especificamente a utilização dessa lógica permite que para "n" pinos se obtenha " $2^n$ " possibilidades (estados), desde que estas sejam mutuamente exclusivas.

Nosso problema exemplo seria então resolvido com a utilização de 3 pinos, que permitem oito possibilidades. Como o número de estados necessários é cinco, resolve-se o problema, restando ainda três possibilidades que podem ser posteriormente utilizadas para outros estados, respeitando-se a limitação da exclusividade mútua.

Para a implementação da lógica booleana através da eletrônica diversos elementos, dos mais simples aos mais sofisticados, podem ser utilizados, de acordo com a complexidade da mesma. Problemas simples são resolvidos exclusivamente com utilização de fios elétricos, compondo um circuito de tal forma particular que proporcione a lógica necessária. Componentes mais

elaborados – como portas lógicas e até mesmo multi ou demultiplexadores – passam a ser necessários quando se aumenta a complexidade do problema.

## 10.2. Os Problemas

São oito os problemas de interface a serem resolvidos com a utilização de circuitos lógicos. Como será posteriormente mostrado, dois problemas foram “reunidos” em um único, pela disponibilidade de combinações.

### 10.2.1. Sinais de comando do usuário (E, D, C, B)

O primeiro problema consiste em interfacear o comando do usuário, realizado através dos botões direcionais, e o microcontrolador. Consiste exatamente no problema exemplo descrito no item 10.1 (Aspectos Técnicos). Sua resolução, bem como a de todos os outros problemas, será posteriormente explicitada.

### 10.2.2. Sinais de memória do usuário (M1, M2, M3)

Nosso sistema possui três posições de memória que, a qualquer tempo, podem ser acionadas. Este acionamento se dá através de três botões, controlados pelo usuário, denominados M1, M2 e M3. Analogamente ao problema anterior é necessário fazer-se a transdução dos sinais elétricos, visando a interface com o controlador. Aqui, novamente, nos deparamos com o desafio de

maximizar o uso dos pinos disponíveis, dado que a utilização direta de um pino para cada posição de memória, embora seja simples e não careça de lógica booleana, se mostra assaz dispendiosa.

#### **10.2.3. Seleção do espelho retrovisor a ser ajustado (com posição neutra)**

Em todos os sistemas de posicionamento elétrico de espelhos retrovisores, antes do ajuste propriamente dito, o usuário deve escolher qual espelho deseja movimentar. Não sendo exceção, nosso sistema também necessita dessa prévia seleção. Uma característica bastante funcional, adotada em nosso projeto, é a posição neutra. Esta posição está caracterizada pela não seleção de nenhum dos retrovisores, funcionando no sentido de evitar que esbarrões acidentais no joystick movimentem as lâminas, desajustando-as.

A informação da seleção ou não de cada retrovisor deve, dessa forma, ser transmitida ao microcontrolador, que, em etapa posterior, realizará o controle dos motores para o ajuste.

#### **10.2.4. Posicionamento “Ré”**

Característica de indiscutível utilidade quando da utilização de memória no ajuste de retrovisores é a possibilidade de se programar posições específicas, que possuam função pontual. Entre as possibilidades, uma que se mostra muito útil e portanto será desenvolvida neste projeto é o posicionamento “Ré”,

que consiste num particular ajuste do retrovisor direito quando da realização de manobras. Mais especificamente, toda vez que a marcha-a-ré é acionada a lâmina direita se move, de modo a focalizar a região da roda traseira do veículo, facilitando a realização da manobra. Tão logo a marcha-a-ré seja desacionada o espelho retorna à sua posição original, ficando clara portanto a impossibilidade dessa função quando não se usa sistema com memória de posição.

Uma vez que esse particular ajuste está estritamente ligado ao acionamento da marcha-a-ré, optamos por posicionar o botão acionador junto à alavanca de câmbio, de preferência internamente ao acabamento. Dessa forma toda vez que a ré é engatada, impreterivelmente ocorre o acionamento do botão e o posicionamento da lâmina direita. Também aqui a informação do acionamento dessa função deve ser passada ao microcontrolador.

#### **10.2.5. Controle dos motores**

Como anteriormente explicitado, o controle dos motores é feito pelo microcontrolador que, a partir dos sinais de entrada (Comando, Memória, Seleção do Retrovisor, Posicionamento “Ré”), determina a forma de movimentação de cada um dos motores, através dos pinos configurados como saída.

#### **10.2.6. Sensores**

Assunto fartamente explorado no item 9 - *Sensoreamento*, aqui será abordado o problema de entrada dos dados dos sensores – valores de resistência elétrica – no controlador, já que, a partir destes valores, o controlador singulariza uma posição.

#### **10.2.7. Leitura ou Gravação na memória**

Relevante é o fato que o acionamento dos botões de memória pode ser feito para dois fins, correlatos mas diferentes. O primeiro corresponde à efetiva memorização da posição, ou seja, o motorista ajusta os espelhos convenientemente e, desejando que esta configuração seja memorizada, aciona um dos botões de memória. A este procedimento é dado o nome “Gravação”. O segundo caso, denominado “Leitura”, ocorre quando o usuário, já possuindo seu ajuste pessoal memorizado, deseja efetuá-lo, pressionando para tanto o botão pertinente. Ao microcontrolador deve ser portanto passada a informação relativa ao modo de operação que se encontra ativo.

#### **10.2.8. Controle de seleção do retrovisor a ser ajustado**

Este problema está relacionado ao descrito no item 10.2.3 (Seleção do espelho retrovisor a ser ajustado, com posição neutra). O microcontrolador tem como uma das funções comandar a operação dos motores, devendo para isso

possuir como uma das saídas a informação de qual conjunto de motores controlará (o conjunto esquerdo ou o direito), uma vez que a utilização de uma saída para cada motor está descartada pelo número limitado de pinos do controlador.

### 10.3. As Soluções

A seguir estão apresentadas as soluções para cada um dos problemas levantados anteriormente. Tendo em vista que, a partir deste ponto, faremos referência constante aos pinos, nota-se que os 16 pinos de entrada / saída foram denominados “p0”, “p1”, “p2”.....até “p15”.

O esquema de possíveis ligações dos pinos de entrada que possuem botões para o acionamento está abaixo ilustrada.

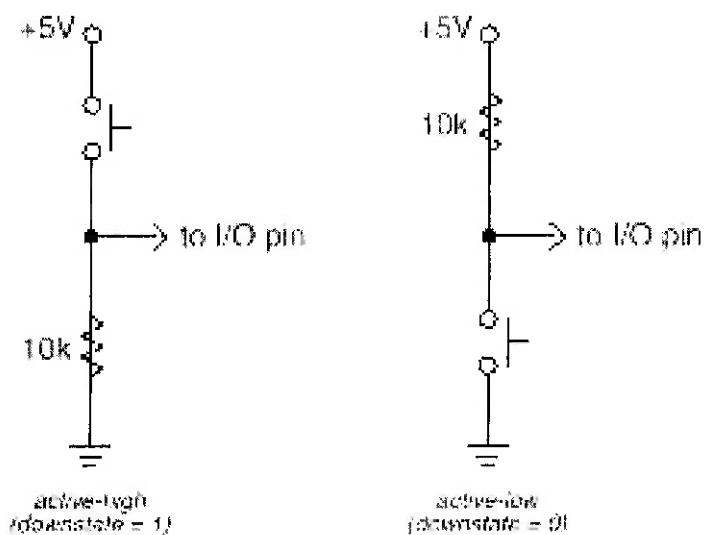


Figura 4 – Esquema de Possíveis Ligações dos Botões

### 10.3.1. Sinais de comando do usuário (E, D, C, B)

Devido à solução deste problema englobar a solução do próximo problema apresentaremo-la no item seguinte.

### 10.3.2. Sinais de memória do usuário (M1, M2, M3)

Como dito anteriormente a solução do primeiro e segundo problemas estão fundidas, com o intuito de melhor aproveitar a disponibilidade de pinos. Os problemas serão então resolvidos através de multiplexação, que permite a obtenção de 8 combinações a partir de 3 pinos de entrada ( $2^3 = 8$ ).

Como exemplo da utilização da multiplexação será esquematizada, a seguir, a solução para os dois primeiros problemas (botões direcionais e de memória).

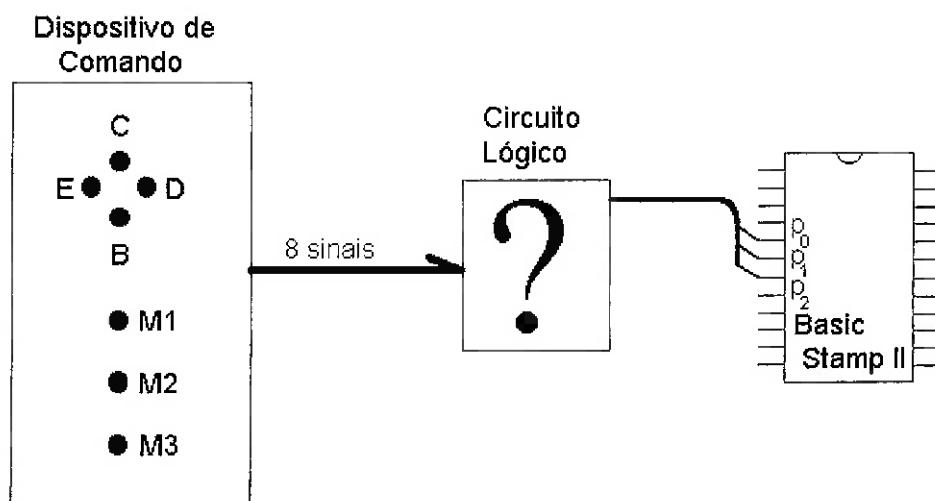


Figura 5 - Ilustração da Multiplexação dos Dados

Nota-se que os oito sinais possíveis, provenientes do dispositivo de comando, são traduzidos, através do circuito lógico, em apenas três. São estes três os sinais que efetivamente serão passados ao microcontrolador, que então os interpretará adequadamente.

A lógica interna do circuito que fará essa tradução será o próximo objeto de estudo. Para tanto faz-se uso de uma tabela que nos fornece todas as possíveis configurações que os três primeiros pinos podem assumir e, a partir daí, a correlação entre cada configuração e cada estado do comando.

Pinos			Botões
P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>0</sub>	
0	0	0	Parado
0	0	1	D
0	1	0	E
0	1	1	C
1	0	0	B
1	0	1	M <sub>1</sub>
1	1	0	M <sub>2</sub>
1	1	1	M <sub>3</sub>

Tabela 1 - Lógica de Utilização dos Pinos 0, 1 e 2

Uma vez correlacionadas cada configuração de pinos a cada estado de comando elabora-se uma “tabela verdade”, recurso muito conhecido e utilizado em eletrônica para se definir o circuito lógico a ser utilizado nos casos de multiplexação.

Entradas							Saídas		
D	E	C	B	M1	M2	M3	P2	P1	P0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Tabela 2 - Tabela Verdade para P0 P1 e P2

A partir da tabela verdade extrai-se as equações que representarão o circuito lógico a ser utilizado, explicitadas abaixo:

$$P_0 = D + C + M_1 + M_3$$

$$P_1 = E + C + M_2 + M_3$$

$$P_2 = B + M_1 + M_2 + M_3$$

O circuito lógico resultante se utiliza de portas “OU” e está a seguir representado.

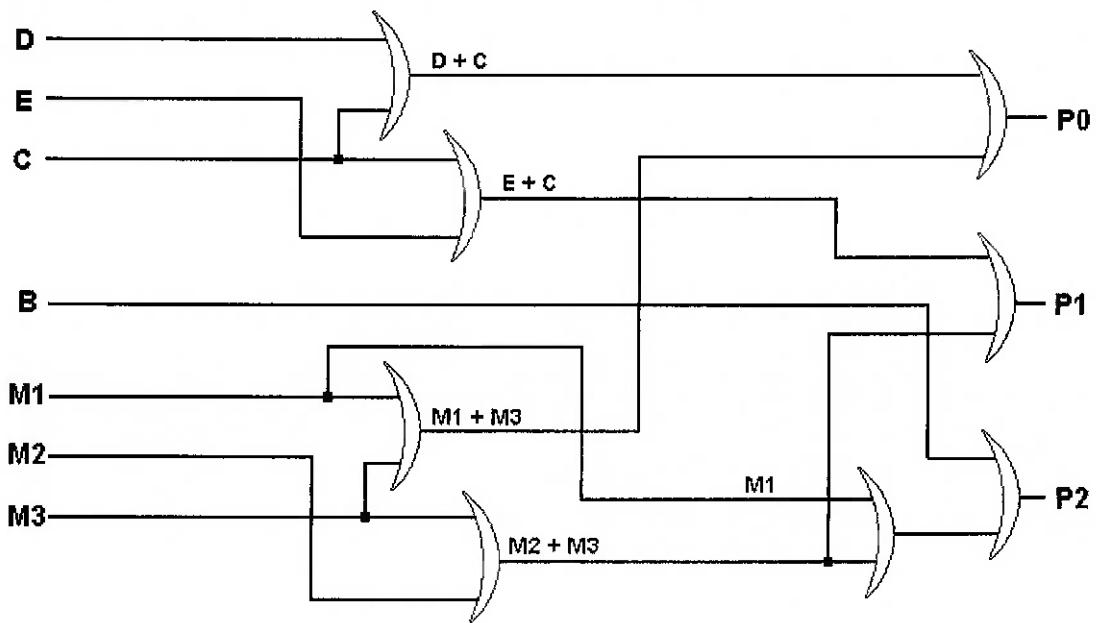


Figura 6 - Circuito Lógico para Multiplexação

### 10.3.3. Seleção do espelho retrovisor a ser ajustado (com posição neutra)

Sendo três os estados possíveis a serem transmitidos ao microcontrolador, a utilização de lógica booleana possibilita reduzir de três para dois o número necessário de pinos de entrada. Como nessa situação a utilização de dois pinos nos permite quatro combinações ( $2^2 = 4$ ) uma das possibilidades não será utilizada, como visualizado a seguir.

Pinos		Retrovisor
P <sub>4</sub>	P <sub>3</sub>	
0	0	Nenhum
0	1	L
1	0	R
1	1	Não Utilizado

L – retrovisor esquerdo  
 R – retrovisor direito

Tabela 3- Lógica de Utilização dos Pinos 3 e 4

#### 10.3.4. Posicionamento “Ré”

Como explicado anteriormente, o “Posicionamento Ré” é ativado sempre que se engata a marcha a ré, através de um botão posicionado junto à alavanca, internamente ao acabamento. A informação do acionamento – denominado “modo baliza” – é então transmitida ao controlador, e para tanto foi selecionado o pino 5. Não há necessidade de multiplexação, como se verá abaixo.

Pino		Retrovisor
P <sub>5</sub>		
0	NB	
1	BB	

NB – Modo Normal  
 BB – Modo Baliza

Tabela 4- Lógica de Utilização do Pino 5

### 10.3.5. Controle dos motores

A solução para o controle dos motores não utiliza lógica booleana, pois para cada motor são designados dois pinos, que determinam seu estado. A princípio seriam necessários 8 pinos, pois são 4 os motores a serem controlados (2 retrovisores que possuem cada um 2 motores). Como a utilização de 8 pinos para tal controle se apresentou assaz dispendiosa optou-se pela utilização de um componente denominado “chave analógica”, que reduz à metade a demanda de pinos. Esse componente, de forma simplificada, seleciona qual o conjunto a ser ajustado, fazendo com que cada ajuste seja feito a seu tempo, um após o outro. O desenho a seguir (Figura 7) apresenta de forma esquemática o modo de funcionamento.

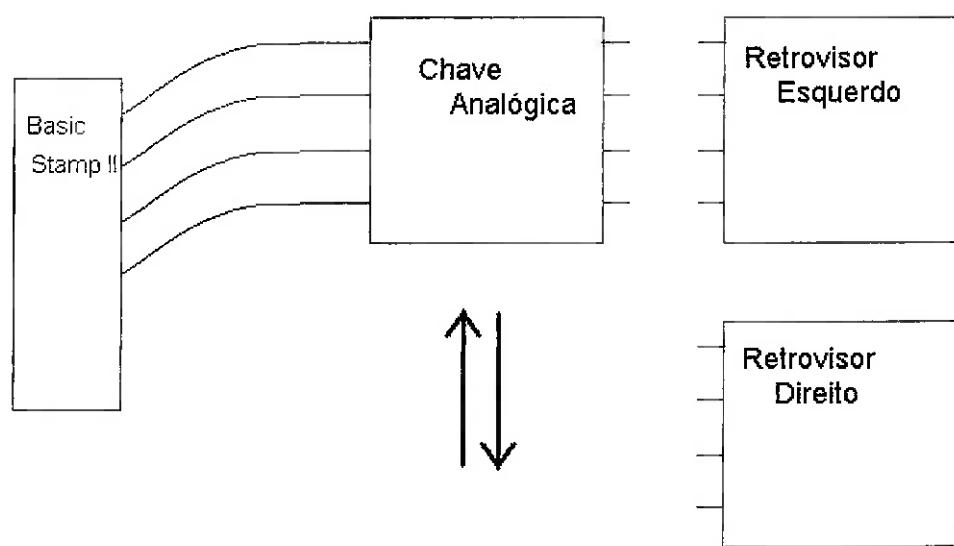


Figura 7 - Esquema de Funcionamento da Chave Analógica

Observa-se no desenho que 4 pinos (saídas) do controlador são utilizadas, e ora estão conectadas ao retrovisor esquerdo, ora ao direito, dependendo da posição da chave analógica. Ressalta-se que o controle da chave analógica – se conectada ao conjunto direito ou ao esquerdo – também é realizado pelo controlador, mas isso constitui um problema diverso, explicitado no *item 10.2.8 - Controle de seleção do retrovisor a ser ajustado*.

Uma vez que a utilização da chave analógica nos permite o controle dos motores utilizando quatro pinos, foram reservados os pinos 6, 7, 8 e 9, como observado a seguir.

Pinos				Movimentação do Espelho
P <sub>9</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>6</sub>	
1	0	0	0	Para Cima
0	1	0	0	Para Baixo
0	0	1	0	Para Esquerda
0	0	0	1	Para Direita

*Tabela 5 – Lógica de Utilização dos Pinos 6, 7, 8 e 9*

#### 10.3.6. Sensores

O problema a ser resolvido aqui é o de entrada no microcontrolador dos dados dos sensores. Esses dados são, na verdade, os valores de resistência elétrica obtidos quando se movimenta o potenciômetro (vide item 9.2 – Seleção dos Sensores). A solução encontrada não utiliza multiplexação, sendo reservado

um pino para cada sensor. Vale notar que, analogamente ao controle dos motores, aqui também se fará uso da chave analógica, que reduz o número de pinos necessários, fazendo com que a leitura dos sensores dos conjuntos esquerdo e direito se dê separadamente, um após o outro (vide item anterior, 10.2.5 – Controle dos Motores). Dessa forma têm-se a seguinte configuração:

Pinos		Sensor
P <sub>11</sub>	P <sub>10</sub>	
0	1	Horizontal
1	0	Vertical

Figura 8 - Lógica de Utilização dos Pino 10 e 11

### 10.3.7. Leitura ou Gravação na memória

O acionamento dos botões de memória, como visto anteriormente (item 10.2.7), pode ser efetuado para dois fins diversos; o primeiro correspondente à memorização da posição – denominado “Gravação” – e o segundo ao posicionamento propriamente dito – denominado “Leitura”. A escolha do modo de operação ativo, ou seja, o modo em que se deseja trabalhar, é feita pelo usuário, através de um botão seletor. Essa seleção deve portanto ser passada ao controlador, através de um pino de entrada, sendo para tanto destinado o pino de número 14. A lógica de seleção é mostrada a seguir.

Pino	Função de Seleção
P <sub>14</sub>	
0	Gravação
1	Leitura

Figura 9 - Lógica da Utilização do Pino 14

#### 10.3.8. Controle de seleção do retrovisor a ser ajustado

O microcontrolador deve enviar um sinal ao circuito para selecionar qual espelho irá se movimentar, ou seja, qual conjunto de motores será acionado.

O pino 15 é destinado a desempenhar tal tarefa.

Pino	Função de Seleção
P <sub>15</sub>	
0	Retr. Esquerdo
1	Retr. Direito

Figura 10 - Lógica de Utilização do Pino 15

## 11. MECANISMO DE MOVIMENTAÇÃO

### 11.1. Angulação

Característica determinante no funcionamento do espelho retrovisor, a angulação tem papel de destaque tanto nas etapas de projeto como na fabricação. Está diretamente relacionada ao campo de visão, que por sua vez nos remete tanto ao aspecto de segurança quanto ao normativo.

A norma estabelece que todo espelho retrovisor automotivo deve satisfazer um conjunto de angulações mínimas ou, de forma sucinta: uma vez fabricado e montado, o retrovisor deve prover um campo de visão pré determinado. Para tanto um teste padrão<sup>8</sup> é aplicado a todas as unidades de retrovisores produzidos, teste este que alia simplicidade e eficiência. Explica-se: A partir da posição definida como “origem”, a lâmina deve ser capaz de girar 7,5 graus em ambos os sentidos, nas duas direções possíveis de rotação, como mostrado a seguir, na *Figura 11*.

---

<sup>8</sup> Teste acompanhado na linha de produção, durante visita à FICOSA do Brasil Ltda, empresa fornecedora de retrovisores para a VW do Brasil, FIAT e FORD (vide item *Referências*).

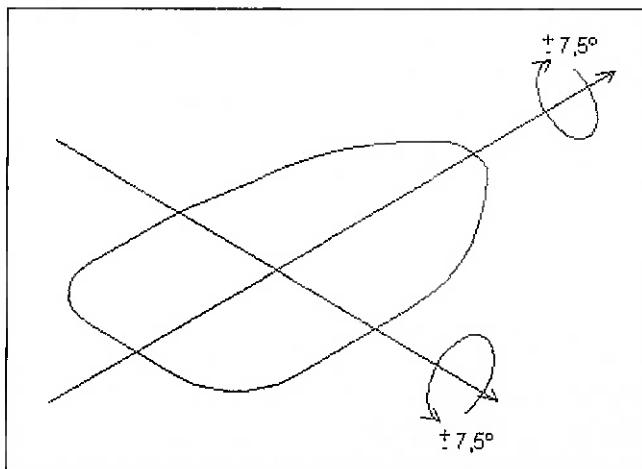


Figura 11 – Direções e Valores Mínimos de Rotação

O teste padrão mede a rotação através do deslocamento linear da lâmina, dado que, fixado um “braço” de giro, o deslocamento é proporcional à rotação. Posiciona-se assim três pinos perpendicularmente à lâmina, um cruzando um dos eixos principais e os outros posicionados simetricamente em relação a este. O deslocamento (positivo e negativo) dos pinos nos fornece os ângulos atingidos. Tal configuração está ilustrada na *Figura 12*.

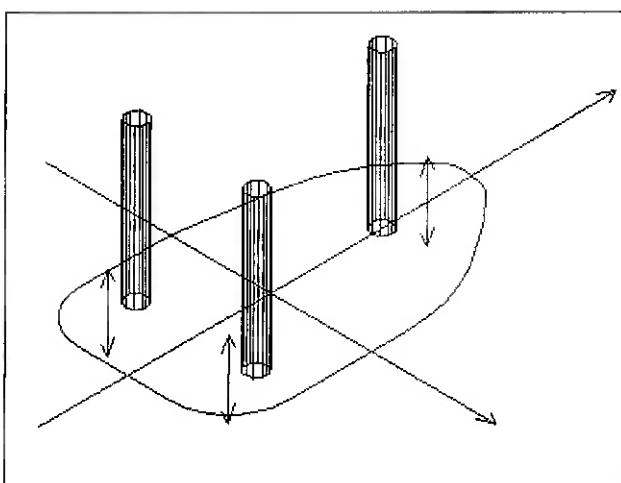


Figura 12 – Configuração do Teste de Rotações Mínimas

A parte superior dos pinos é presa a um dispositivo que, possuindo uma escala, nos informa se os deslocamentos mínimos foram alcançados. Interessante se faz notar que, por questão de segurança e eficiência, os retrovisores são projetados não só para alcançar os valores mínimos como para superá-los em mais de 50%.

Uma vez que o responsável direto pela movimentação da lâmina é o mecanismo de movimentação podemos dizer que este deve ser capaz de realizar os dois movimentos de rotação acima vistos, com ângulos mínimos estabelecidos.

Temos, portanto, definido um problema de “mecanismo de movimentação”, problema este que, embora apresente algumas soluções, está longe de ser assunto encerrado, possibilitando ao engenheiro projetista desenvolver suas habilidades na busca de novas soluções.

Neste trabalho nos propomos portanto a fazer primeiramente uma análise do mecanismo existente e atualmente empregado na produção em larga escala para, em etapa posterior, e utilizando como referência a primeira análise, sugerir um novo mecanismo. Este novo mecanismo deve possibilitar a realização dos mesmos movimentos que o mecanismo existente proporciona, dado que este cumpre as exigências mínimas da norma.

## 11.2. Análise do mecanismo existente

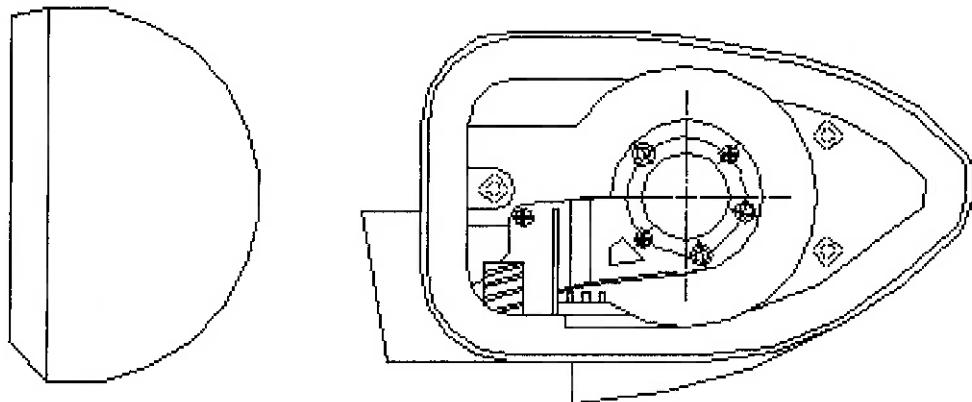
A definição nos diz que um “mecanismo” permite a transformação de movimentos, ou seja, a partir de um ou mais movimentos disponíveis obtém-se o movimento desejado. No caso do espelho retrovisor o movimento disponível é o proporcionado pelos dois motores elétricos componentes de cada unidade, mais especificamente o movimento rotativo do eixo do motor. O movimento desejado é a rotação em duas direções e sentidos de uma peça componente do sistema, à qual se movimenta de forma solidária a lâmina. O mecanismo deve assim fazer essa transformação de movimentos.

Para o entendimento e análise do mecanismo atualmente empregado foi elaborado um desenho técnico, que permite de forma fácil e direta a identificação dos componentes e o entendimento do papel do mecanismo no sistema. Os componentes são apresentados ao longo de uma linha horizontal, na sequência de encaixe e/ou montagem, possuindo ainda vistas auxiliares e detalhes de montagem, para uma melhor identificação e interpretação.

Para tornar mais prática e rápida a análise do mecanismo, algumas partes do desenho foram reproduzidas no relatório, evitando assim que a alternância entre este e o desenho se tornasse constante, visto que este último foi elaborado em papel A2 e se encontra anexo ao trabalho.

O primeiro componente de nosso sistema, denominado *Peça 1*, é o conjunto Carcaça / Chassi. Embora não faça parte do mecanismo propriamente dito, essa peça possui, entre outras, função de suporte para todo o sistema. A conexão entre o conjunto retrovisor e o veículo se dá através da carcaça, na qual está fixado ainda, rigidamente, o chassi. É no chassi que se dá inicio a montagem dos demais componentes, dado que, como veremos adiante, nele é fixado, através de três parafusos, a segunda peça do conjunto.

Abaixo se encontra (*Figura 13*), em duas vistas, o desenho do conjunto carcaça/chassi.



*Figura 13 – Peça 1 (Carcaça / Chassi) – Vistas lateral e frontal*

Com relação aos materiais e processos de fabricação, temos que a carcaça é fabricada em plástico e o chassi em alumínio, ambos através do processo de injeção <sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Os processos de injeção, tanto de plástico como de alumínio, foram acompanhados durante visita à FICOSA do Brasil.

O segundo componente do sistema (Peça 2) é denominado Base de Movimentação, e possui relevada importância pois interfacea diversos outros componentes. A base é fixada rigidamente ao chassi pelo lado posterior, não possuindo movimento próprio. Encaixadas à base vão as peças 4, 5 e 6 de nosso conjunto, e pode-se dizer que sua maior importância se deve ao fato de ser sobre esse componente que se movimenta a peça 6 (Anel de Movimentação), como veremos adiante.

Em seguida estão ilustrados a Base de Movimentação (Figura 14) e os Parafusos de Fixação (Figura 15).

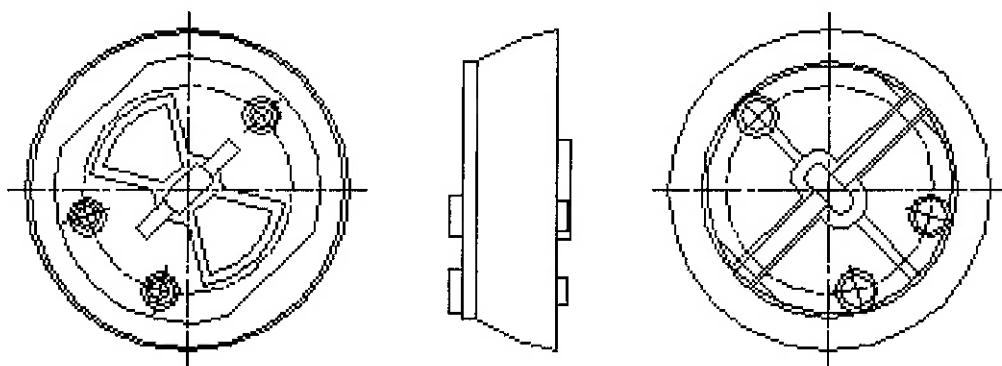


Figura 14 – Peça 2 (Base de Movimentação) – *Vistas posterior, lateral e frontal*

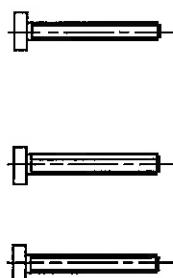
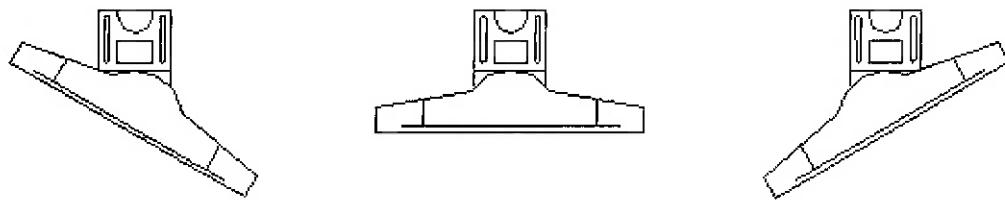


Figura 15 – Peça 3 (Parafusos de fixação da Base de Movimentação ao Chassi)

A base de movimentação, assim como a carcaça, é produzida em plástico, através do processo de injeção.

A peça seguinte (*Peca 4*), denominada Barra Articulada, é o componente que provém o sistema de um de seus graus de liberdade. Composta de duas peças articuladas entre si, a barra é fixada à Base de Movimentação através de uma mola de flexão. Uma vez fixa, seu movimento de rotação se dá através da articulação (ver *Figura 16*), o que possibilita ao Anel de Movimentação uma de suas rotações.

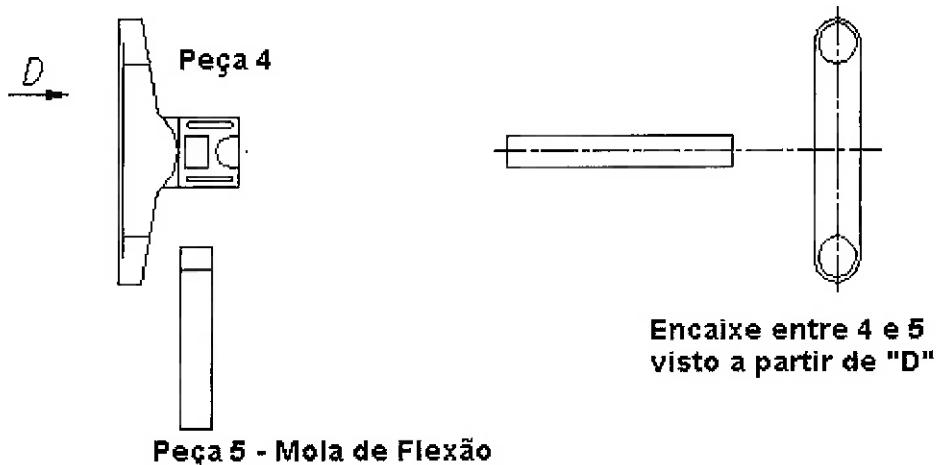


*Figura 16 – Peca 4 (Barra Articulada) – Posição central e máximas rotações obtidas*

A Barra Articulada é inteiramente fabricada em plástico, pelo processo de injeção.

A Mola de Flexão (*Peca 5*) tem como função fixar a Barra Articulada à Base de Movimentação, mas de forma a possibilitar certa maleabilidade ao conjunto. Assim, a Barra é posicionada na Base e presa pela mola, que passa a atuar

como mecanismo de fixação e flexibilidade. Tal maleabilidade é necessária para absorver pequenos choques a que pode estar sujeita a lâmina, visto que, no caso de inexistência da mola (e sua substituição por um componente rígido), a fixação em questão seria, indiscutivelmente, o ponto de maior esforço mecânico, sujeito portanto a quebras. Tanto a Mola como seu acoplamento à barra podem ser visualizados e melhor entendidos na *Figura 15*.



*Figura 17 – Peça 5 (Mola de Flexão) e seu encaixe com a barra articulada*

A mola de flexão é fabricada em alumínio.

Principal componente de movimentação do sistema, o Anel de Movimentação (Peça 6) é responsável direto pelas duas rotações possíveis da lâmina, uma vez que esta última está rigidamente conectado ao Anel, e a ele se move de forma solidária.

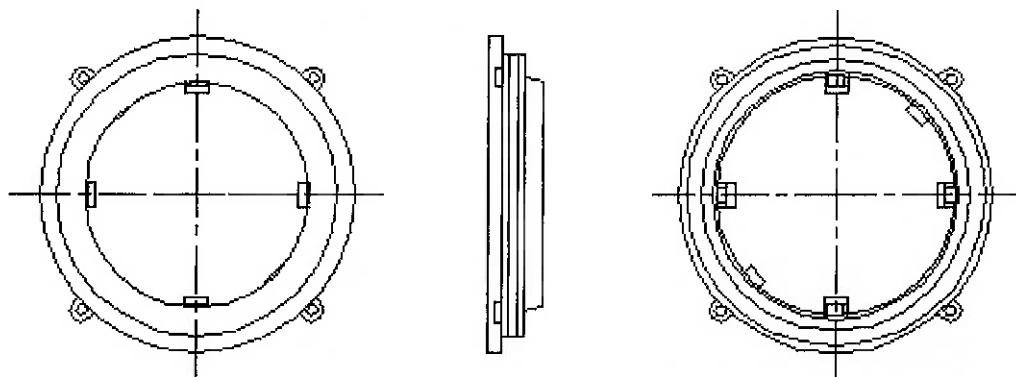


Figura 18 – Peça 6 (Anel de movimentação) – Vistas posterior, lateral e frontal

Montado, sobre a Base de Movimentação, de forma a permitir todas as possíveis rotações (como ocorre numa junta esférica por exemplo), o Anel se encaixa ainda à Barra Articulada, através de dois pontos, visualizados a seguir.

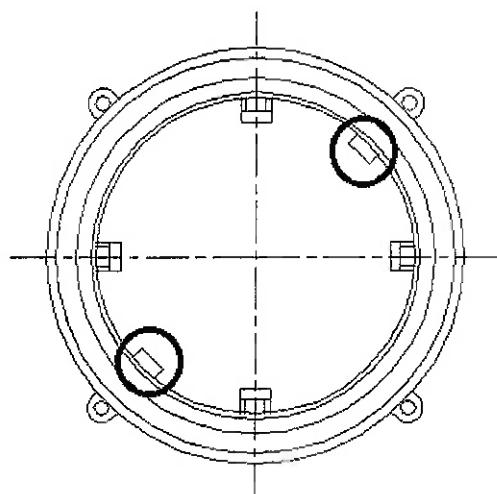


Figura 19 – Pontos de Encaixe da Barra Articulada no Anel de Movimentação

O encaixe Anel – Barra é fundamental para o funcionamento do mecanismo. Explica-se: dos 6 movimentos possíveis de um corpo rígido (3 translações e 3 rotações) o Anel só tem liberados 2 (duas rotações), uma vez que as três translações e uma das rotações são impedidos pela barra. Rigorosamente a barra impede também uma segunda rotação, mas essa restrição é compensada pela própria articulação da barra, que lhe permite uma rotação.

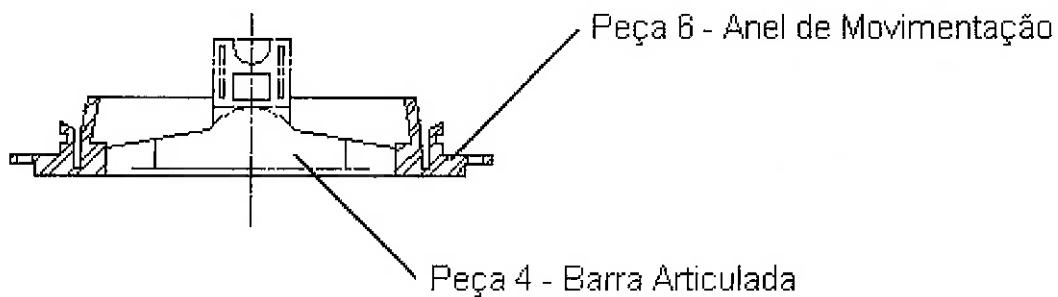


Figura 20 – Detalhe de Montagem – Uma das rotações do Anel é promovida pela rotação da Barra.

O sistema está provido portanto de dois graus de liberdade (duas rotações), que se traduzem nos dois possíveis movimentos da lâmina. Pode-se dizer que o primeiro grau de liberdade é independente de qualquer componente do sistema (exceção evidente ao Anel de Movimentação), enquanto o segundo está condicionado à movimentação da Barra Articulada.

Último componente a ser montado, a Lâmina (Peça 7) é composta, rigorosamente, por duas partes. A primeira, denominada superfície refletora, confeccionada em vidro, é acomodada sobre uma base plástica, que constitui a segunda parte, e possibilita o encaixe do conjunto ao Anel de Movimentação.

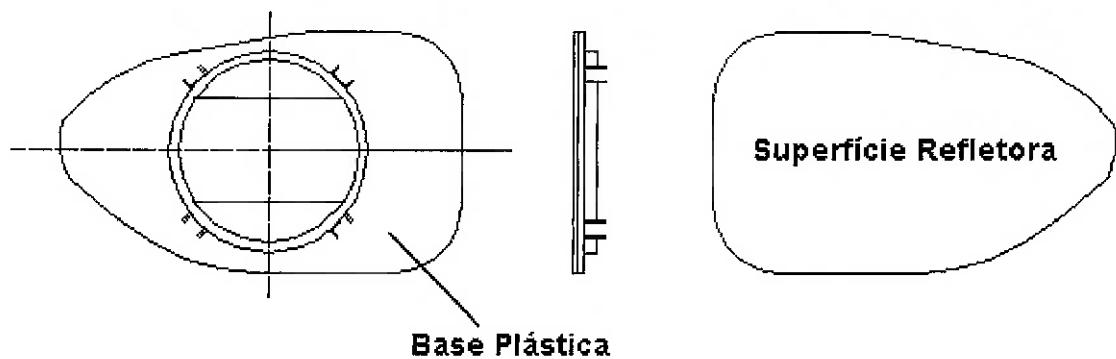


Figura 21 – Peça 7 (Lâmina) – Vistas posterior, lateral e frontal

### 11.3. Sugestão do mecanismo “Junta esférica”

Como dito anteriormente, neste trabalho nos propomos a analisar criteriosamente o mecanismo de movimentação atualmente empregado para, em seguida, sugerir um novo mecanismo para o sistema retrovisor. O mecanismo sugerido deve cumprir as especificações de projeto, provendo todas as mínimas rotações anteriormente explicitadas. Passa-se então a uma análise do problema e posterior sugestão de resolução.

O principal critério de projeto a ser relevado nessa sugestão de novo mecanismo é o de “graus de liberdade”, visto que este conceito mecânico está diretamente relacionado à capacidade de movimentação do conjunto. Da análise do mecanismo existente temos que dois são os graus necessários de liberdade, uma vez que cada um deles corresponde a um possível deslocamento da lâmina, que se movimenta horizontal e verticalmente.

Os dois graus citados correspondem à duas rotações, em torno dos eixos “x” e “y”, como ilustrado a seguir.

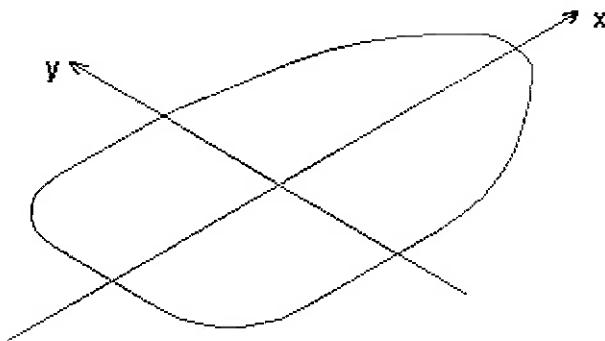


Figura 22 - Possíveis Rotações da Lâmina

Sabemos que seis são os possíveis graus de liberdade de um sistema, três relativos à translação e três à rotação. Em nosso projeto fica evidente a necessidade de um mecanismo que possibilite tão somente os movimentos de

rotação, dado que, ao mesmo tempo que rotações são requeridas, translações devem ser impedidas. A busca pelo tipo de mecanismo adequado às nossas necessidades têm, portanto, um critério determinante, que é o de graus de liberdade. Mais especificamente, o critério estabelece quais os graus de liberdade a serem liberados e quais os a serem impedidos.

Procedeu-se então à uma criteriosa pesquisa bibliográfica, a partir da qual se concluiu que a melhor ferramenta a ser utilizada seria uma coleção de livros sobre mecanismos escrito por Ivan I. Artobolevsky (ver Bibliografia). Essa coleção é composta por cinco volumes que fazem um vasto apanhado dos mais diversos tipos de mecanismo utilizados na engenharia. Cada mecanismo é ilustrado e descrito individualmente, o que torna os livros excelente fonte de idéias para a solução de problemas que envolvam mecanismos.

A partir do critério de projeto e de cuidadosa análise dos livros ficou evidente que o mecanismo que melhor satisfaz os requisitos é o do tipo “junta esférica”, que usualmente provém um acoplamento de três graus de liberdade (três rotações), e que em nosso projeto deverá passar por relativa modificação, para que seja impedida uma das rotações. Releva notar que os mecanismos mais imediatos (e clássicos) para a solução do problema de dois graus de liberdade – mecanismo de barras, com duas rotações liberadas, por exemplo – se mostraram inadequados, por questões relativas à fixação de todo o conjunto, incluindo os motores. Mais especificamente, seria impossível que os dois motores permanecessem em uma posição fixa, sem se mover juntamente com o mecanismo, tornando a utilização de tais mecanismos inviável.

#### 11.4. Análise e projeto da junta esférica

Primeiramente se faz necessário entender o funcionamento de uma junta esférica padrão, pois a partir desta faremos as modificações específicas, necessárias em nosso projeto.

Um mecanismo de junta esférica padrão é constituído por um par cinemático, mantido em contato geométrico através de uma superfície esférica. Possibilita-se dessa forma todos os graus de liberdade relativos à rotação e nenhum grau relativo à translação.

Na figura abaixo o par cinemático é composto pela barra (peça número 1), com terminação esférica (a), que se ajusta à base (peça número 2). O par é mantido em contato geométrico pela cobertura (d).

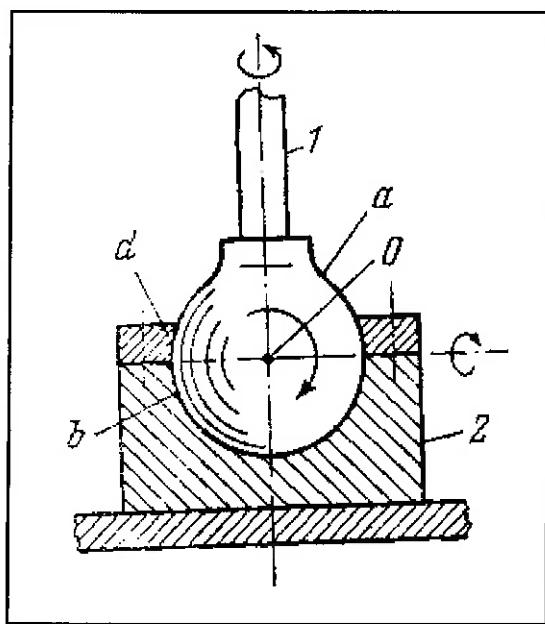


Figura 23 – Funcionamento de uma Junta Esférica Padrão

Visto que, por requisitos de projeto, nosso sistema deve ter uma das rotações impedidas, iniciamos por selecionar um mecanismo do tipo “junta esférica” que melhor se adapte às nossas condições, o que resultou na escolha do mecanismo abaixo visualizado.

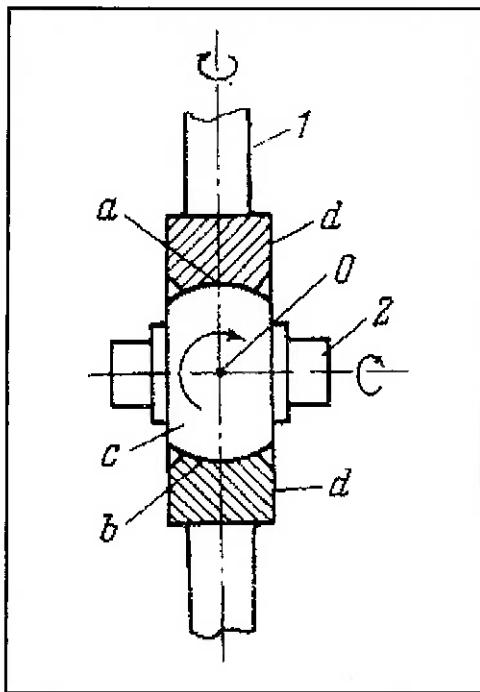


Figura 24 – Funcionamento da Junta Esférica Sugerida

Este mecanismo possui como principal diferencial a utilização de um “colar esférico” (peça “d”) para manter em contato o par cinemático “1–2”, o que possibilita maior acesso à terminação esférica “c”. Tal acesso é requerido para a interface motor – junta esférica, que consiste, rigorosamente, na interface motor – terminação esférica. Explica-se:

Ao eixo de saída de cada um dos motores (movimento rotativo disponível) será acoplada uma pequena polia de borracha que, por atrito, movimentará a terminação esférica. A rotação do motor será portanto transmitida ao mecanismo, de forma quase direta e sem elementos intermediários, à exceção da polia.

A terminação esférica, por sua vez, faz parte da peça 1, e a ela se movimenta de forma solidária. Acoplando-se a lâmina à peça 1 temos como resultado da rotação do motor a movimentação da lâmina, que é o movimento final desejado. A transmissão de movimento de daria então da forma:

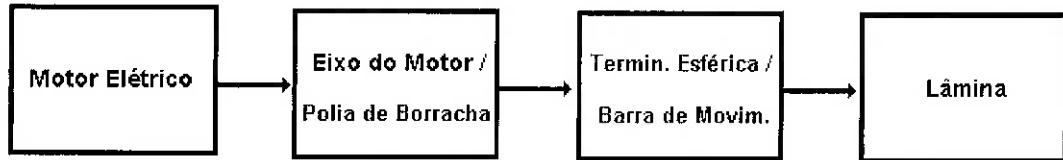


Figura 25 - Transmissão do Movimento

Com a utilização de dois motores se obtém então os dois movimentos desejados da lâmina, constituindo assim uma solução alternativa para o problema de movimentação do espelho retrovisor.

## 12.REFERÊNCIAS

### 12.1. Bibliográficas

**Madureira, O. M., Coelho, T.** "Apostila do Curso de PMC-475 Metodologia de Projeto"

**Ogata, Katsuhiko** "Engenharia de Controle moderno", 2<sup>a</sup> edição, Prentice / Hall do Brasil

**Miyagi, Paulo Eigi.** "Controle Programável: fundamentos do controle de sistemas a eventos discretos", 1996

**Artobolevsky, Ivan I.** "Mechanisms in Modern Engineering Design" volumes 1, 2, 3, 4 e 5, 3<sup>a</sup> edição.

**Targ, S.** "Theoretical Mechanics – A Short Course", 2<sup>a</sup> edição, Peace Publishers, Moscou

**Cogdell, J.R.** "Foudations Of Eletric Power", 10<sup>a</sup> edição, Prentice / Hall do Brasil

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

**Malvino**, Albert Paul “Eletrônica”, volumes 1 e 2, 4<sup>a</sup> edição

**Severino**, Antonio Joaquim “Metodologia do Trabalho Científico”, 21<sup>a</sup> edição,  
Cortez Editora

## 12.2. Revistas e Catálogos

**NEI – Noticiário de Equipamentos Industriais**, diversas edições.

**Catálogo de Componentes Eletrônicos**, Farnell do Brasil Ltda. – edição 03 /  
ano 1999

**Basic Stamp Manual**, version 1.9, Parallax Inc.

## 12.3. Endereços da Internet

[www.ficosa.com](http://www.ficosa.com)

[www.metagal.com.br](http://www.metagal.com.br)

[www.parallaxinc.com](http://www.parallaxinc.com)

[www.motorola.com](http://www.motorola.com)

[www.anacom.com.br](http://www.anacom.com.br)

[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

[www.mbo-osswald.de](http://www.mbo-osswald.de)

#### **12.4. Empresas Consultadas**

##### **Davox Automoveis SA**

Fone: (11) 541.9000

Fax: (11) 523.5521

##### **TeleRádio Representante Motorola**

Contato: 574.0786 Romanini

##### **Mecatron**

Fone: (11) 5071.9932 Frederico Prado

#### **12.5. Empresas Visitadas**

##### **Ficosa do Brasil Ltda**

Av. Dr Humberto Gianella, 800

06422-060 – Barueri – SP

Fone: (011) 7929-2775 Renato Bernardinetti Slave – Eng. de Produto

Fax: (011) 7929-5520

## 13. ANEXOS

### 13.1. Listagem do Programa

```

'Programa de Controle Posicionamento do Espelho Retrovisor
'Linguagem Utilizada: PBASIC para o Basic Stamp2

'As portas I/O serão tratadas por "p" seguido do indice
'não conectadas p12 e p13 portanto setadas para out(1)
'p0 a p2 D E C B M1 M2
'p3 e p4 seleção retrov esq ou dir
'p5 ré
'p6 a p9 motores
'p10 e p11 sensores
'p14 seleção lê ou grava na memória
'p15 LED

'Constantes
pino con %1011001111000000      '0=in 1=out direciona as portas I/O
masq con %0111      'Máscara para leitura dos botões

'Declaração de Variáveis
aux var word  'variável auxiliar
FLAG var bit   'variável para sinalização
FLAG_re var bit  'variável para sinalização
pino012 var nib  'variável para leitura dos pinos p0 a p2
p3    var bit   'variável para leitura do pino p3
p4    var bit   'variável para leitura do pino p4
p5    var bit   'variável para leitura do pino p5
p11   var bit   'variável para leitura do pino p11
p14   var bit   'variável para leitura do pino p14
pos10 var word  'variável para leitura da posição do sensor na p10
pos11 var word  'variável para leitura da posição do sensor na p11
sr1   var word   'variável para uso do modo Ré
sr2   var word   'variável para uso do modo Ré
x var nib    'variável para uso dos loopings (for next)

'Inicialização de Variáveis
dirs = pino
m1_s1 data 6          'posição memoria M1 para o sensor 1 da EEPROM
m1_s2 con m1_s1 + 1    'posição memoria M1 para o sensor 2 da EEPROM
m2_s1 con m1_s2 + 1    'posição memoria M2 para o sensor 1 da EEPROM
m2_s2 con m2_s1 + 1    'posição memoria M2 para o sensor 2 da EEPROM
m3_s1 con m2_s2 + 1    'posição memoria M3 para o sensor 1 da EEPROM
m3_s2 con m3_s1 + 1    'posição memoria M3 para o sensor 2 da EEPROM
FLAG_re = 0

```

```

goto PRINCIPAL      'redireciona para a rotina principal

'in_h:      rotina utilizada para determinar qual botão foi pressionado
'entrada:  pino012
'saida:  -

in_h:
  if pino012 = %0001 then D
  if pino012 = %0010 then E
  if pino012 = %0011 then C
  if pino012 = %0100 then B
  if pino012 = %0101 then M1
  if pino012 = %0110 then M2
  if pino012 = %0111 then M3
  goto in_re

'fim da rotina in_h

'in_re:      rotina utilizada para posicionamento do modo re
'entrada:  -
'saida;      controle do motor em malha fechada

in_re:
  high 10
  pause 3  'espera 3ms
  rctime 10,1,srl 'captura valor sensor1
  srl = srl/5
  high 11
  pause 3  'espera 3ms
  rctime 11,1,sr2 'captura valor sensor1
  sr2 = sr2/6
  aux = 76
  goto SEGUE_re_1

SEGUE_re:
  low 9
  pause 3  'espera 3ms
  high 8
  FLAG = 1

SEGUE_re_1:
  high 10
  pause 3  'espera 3ms
  rctime 10,1,pos10      'captura valor sensor1
  pos10 = pos10/5
  if pos10 < aux  then  SEGUE_re
  low 8
  if FLAG = 1 then CONTINUA_re
  goto SEGUE_re_2

DIR_re:
  low 8
  pause 3  'espera 3ms
  high 9

SEGUE_re_2:

```

```

high 10
pause 3  'espera 3ms
rctime 10,1,pos10      'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
if pos10 > aux  then  DIR_re
low 9

CONTINUA_re:
FLAG = 0
if FLAG_re = 1 then re_vertical
aux = 8
goto SEGUE_re_3

CIMA_re:
low 7
pause 3  'espera 3ms
high 6
FLAG = 1

SEGUE_re_3:
high 11
pause 3  'espera 3ms
rctime 11,1,pos11      'captura valor sensor1
pos11 = pos11/6
if pos11 < aux  then  CIMA_re
low 6
if FLAG = 1 then loop_re
goto SEGUE_re_4

BAIXO_re:
low 6
pause 3  'espera 3ms
high 7

SEGUE_re_4:
high 11
pause 3  'espera 3ms
rctime 11,1,pos11      'captura valor sensor1
pos11 = pos11/6
if pos11 > aux  then  BAIXO_re
low 7

loop_re:
FLAG=0
if FLAG_re = 1 then termina
if IN5 = 1 then loop_re
  'FOR x = 1 to 3
re_horizontal:
FLAG_re = 1
aux = sr1
debug ? aux ,cr
goto SEGUE_re_1

re_vertical:
aux = sr2
goto SEGUE_re_3

termina:
FLAG_re = 0

```

```

goto PRINCIPAL

'fim da rotina in_re

'D: rotina utilizada para levar o espelho para a direita
'entrada: -
'saida;     controle do motor em malha aberta

D:
if p3 <> 0 then esp_esqD      'espelho esquerdo selecionado
if p4 <> 0 then esp_dirD     'espelho direito selecionado
goto PRINCIPAL

esp_esqD:
low 8
pause 3      'espera 3ms
high 9
high 15

E_D:
if INA & masq = %0001 then E_D
low 9
low 15
goto PRINCIPAL

esp_dirD:
low 8
pause 3      'espera 3ms
high 9

D_D:
if INA & masq = %0001 then D_D
low 9
goto PRINCIPAL

goto PRINCIPAL

'fim da rotina D

'E: rotina utilizada para levar o espelho para a esquerda
'entrada: -
'saida;     controle do motor em malha aberta

E:
if p3 <> 0 then esp_esqE      'espelho esquerdo selecionado
if p4 <> 0 then esp_dirE     'espelho direito selecionado
goto PRINCIPAL

esp_esqE:
low 9
pause 3      'espera 3ms
high 8
high 15

E_E:
if INA & masq = %0010 then E_E

```

```

low 8
low 15
goto PRINCIPAL

esp_dirE:
low 9
pause 3      'espera 3ms
high 8

D_E:
if INA & masq = %0010 then D_E
low 8
goto PRINCIPAL

goto PRINCIPAL

'fim da rotina D

'C:  rotina utilizada para levar o espelho para cima
'entrada: -
'saida;      controle do motor em malha aberta

C:
if p3 <> 0 then esp_esqC      'espelho esquerdo selecionado
if p4 <> 0 then esp_dirC      'espelho direito selecionado
goto PRINCIPAL

esp_esqC:
low 7
pause 3      'espera 3ms
high 6
high 15

E_B:
if INA & masq = %0011 then E_B
low 6
low 15
goto PRINCIPAL

esp_dirC:
low 7
pause 3      'espera 3ms
high 6

D_B:
if INA & masq = %0011 then D_B
low 6
goto PRINCIPAL

goto PRINCIPAL

'fim da rotina D

'B:  rotina utilizada para levar o espelho para baixo
'entrada: -
'saida;      controle do motor em malha aberta

```

```

B:
if p3 <> 0 then esp_esqB      'espelho esquerdo selecionado
if p4 <> 0 then esp_dirB      'espelho direito selecionado
goto PRINCIPAL

esp_esqB:
low 6
pause 3      'espera 3ms
high 7
high 15

E_C:
if INA & masq = %0100 then E_C
low 7
low 15
goto PRINCIPAL

esp_dirB:
low 6
pause 3      'espera 3ms
high 7

D_C:
if INA & masq = %0100 then D_C
low 7
goto PRINCIPAL

goto PRINCIPAL

'fim da rotina D

'M1: rotina utilizada para escrever e ler a memória 1
'entrada: -
'saida;      gravação na EEPROM e controle do motor em malha fechada

M1:
debug cls
if p14 = 0 then LeM1      'Le M1
if p14 = 1 then GravaM1    'Grava M1

LeM1:
for x = 1 to 3
FLAG = 0
debug cr, cr
pause 1000 'espera 1s  'tempo minimo de gravação da EEPROM
read ml_s1, aux      'Le sensor 1 na M1 da EEPROM
debug "HORIZONTAL DESEJADA ", dec aux, cr
goto SEGUE_1_1

ESQUE_1:
low 9
pause 3      'espera 3ms
high 8
FLAG = 1

SEGUE_1_1:
high 10
pause 3      'espera 3ms

```

```

rctime 10,1, pos10      'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
if pos10 < aux then ESQUE_1
low 8
if FLAG = 1 then CONTINUA_1
goto SEGUE_1_2

DIR_1:
low 8
pause 3    'espera 3ms
high 9

SEGUE_1_2:
high 10
pause 3    'espera 3ms
rctime 10,1, pos10      'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
if pos10 > aux then DIR_1
low 9
CONTINUA_1:
FLAG = 0
read m1_s2, aux      'Le sensor 2 na M1 da EEPROM
debug "VERTICAL DESEJADA ", dec aux, cr
goto SEGUE_1_3

CIMA_1:
low 7
pause 3    'espera 3ms
high 6
FLAG = 1

SEGUE_1_3:
high 11
pause 3    'espera 3ms
rctime 11,1, pos11      'captura valor sensor1
pos11 = pos11/6
if pos11 < aux then CIMA_1
low 6
if FLAG = 1 then DELETAR_1
goto SEGUE_1_4

BAIXO_1:
low 6
pause 3    'espera 3ms
high 7

SEGUE_1_4:
high 11
pause 3    'espera 3ms
rctime 11,1, pos11      'captura valor sensor1
pos11 = pos11/6
if pos11 > aux then BAIXO_1
low 7

goto PRINCIPAL

GravaM1:
high 10
pause 3    'espera 3ms

```

```

rctime 10,1, pos10      'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
high 11
pause 3      'espera 3ms
rctime 11,1, pos11      'captura valor sensor2
pos11 = pos11/6
write m1_s1, pos10      'grava sensor 1 na M1 da EEPROM
write m1_s2, pos11      'grava sensor 2 na M1 da EEPROM

goto PRINCIPAL

goto PRINCIPAL

'fim da rotina M1

'M2: rotina utilizada para escrever e ler a memória 2
'entrada: -
'saida;      gravação na EEPROM e controle do motor em malha fechada

M2:

if p14 = 0 then LeM2      'Le M2
if p14 = 1 then GravaM2    'Grava M2

LeM2:
for x = 1 to 3
FLAG = 0
pause 1000 'espera 1s  'tempo minimo de gravação da EEPROM
read m2_s1, aux      'Le sensor 1 na M2 da EEPROM
goto SEGUE_2_1

ESQUE_2:
low 9
pause 3      'espera 3ms
high 8
FLAG = 1

SEGUE_2_1:
high 10
pause 3      'espera 3ms
rctime 10,1, pos10      'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
if pos10 < aux  then  ESQUE_2
low 8
if FLAG = 1 then CONTINUA_2
goto SEGUE_2_2

DIR_2:
low 8
pause 3      'espera 3ms
high 9

SEGUE_2_2:
high 10
pause 3      'espera 3ms
rctime 10,1, pos10      'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
if pos10 > aux  then  DIR_2

```

```

low 9
CONTINUA_2:
FLAG = 0
read m2_s2, aux      'Le sensor 2 na M2 da EEPROM
goto SEGUE_2_3

CIMA_2:
low 7
pause 3    'espera 3ms
high 6
FLAG = 1

SEGUE_2_3:
high 11
pause 3    'espera 3ms
rctime 11,1,pos11    'captura valor sensor1
pos11 = pos11/6
if pos11 < aux then CIMA_2
low 6
if FLAG = 1 then PRINCIPAL
goto SEGUE_2_4

BAIXO_2:
low 6
pause 3    'espera 3ms
high 7

SEGUE_2_4:
high 11
pause 3    'espera 3ms
rctime 11,1,pos11    'captura valor sensor1
pos11 = pos11/6
if pos11 > aux then BAIXO_2
low 7

next

goto PRINCIPAL

GravaM2:
high 10
pause 3    'espera 3ms
rctime 10,1,pos10    'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
high 11
pause 3    'espera 3ms
rctime 11,1,pos11    'captura valor sensor2
pos11 = pos11/6
write m2_s1, pos10    'grava sensor 1 na M2 da EEPROM
write m2_s2, pos11    'grava sensor 2 na M2 da EEPROM
goto PRINCIPAL

goto PRINCIPAL

'fim da rotina M2

'M3: rotina utilizada para escrever e ler a memória 3
'entrada: -

```

```

'saida;      gravação na EEPROM e controle do motor em malha fechada

M3:
if p14 = 0 then LeM3      'Le M3
if p14 = 1 then GravaM3    'Grava M3

LeM3:
for x = 1 to 3
FLAG = 0
pause 1000 'espera 1s  'tempo minimo de gravação da EEPROM
read m3_s1, aux          'Le sensor 1 na M3 da EEPROM
goto SEGUE_3_1

ESQUE_3:
low 9
pause 3  'espera 3ms
high 8
FLAG = 1

SEGUE_3_1:
high 10
pause 3  'espera 3ms
rctime 10,1,pos10      'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
if pos10 < aux then  ESQUE_3
low 8
if FLAG = 1 then CONTINUA_3
goto SEGUE_3_2

DIR_3:
low 8
pause 3  'espera 3ms
high 9

SEGUE_3_2:
high 10
pause 3  'espera 3ms
rctime 10,1,pos10      'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
if pos10 > aux then  DIR_3
low 9
CONTINUA_3:
FLAG = 0
read m3_s2, aux          'Le sensor 2 na M3 da EEPROM
goto SEGUE_3_3

CIMA_3:
low 7
pause 3  'espera 3ms
high 6
FLAG = 1

SEGUE_3_3:
high 11
pause 3  'espera 3ms
rctime 11,1,pos11      'captura valor sensor1
pos11 = pos11/6
if pos11 < aux then  CIMA_3
low 6

```

```

if FLAG = 1 then PRINCIPAL
goto SEGUE_3_4

BAIXO_3:
low 6
pause 3  'espera 3ms
high 7

SEGUE_3_4:
high 11
pause 3  'espera 3ms
rctime 11,1, pos11      'captura valor sensor1
pos11 = pos11/6
if pos11 > aux then BAIKO_3
low 7

next

goto PRINCIPAL

GravaM3:
high 10
pause 3  'espera 3ms
rctime 10,1, pos10      'captura valor sensor1
pos10 = pos10/5
high 11
pause 3  'espera 3ms
rctime 11,1, pos11      'captura valor sensor2
pos11 = pos11/6
write m3_s1, pos10      'grava sensor 1 na M3 da EEPROM
write m3_s2, pos11      'grava sensor 2 na M3 da EEPROM
goto PRINCIPAL

goto PRINCIPAL

'fim da rotina M3

'PRINCIPAL: rotina utilizada para monitorar os botões M1, M2, M3, E,
'D, C, B
'entrada: -
'saida: -

PRINCIPAL:

p3 = IN3  'Bit 3 de INS
p4 = IN4  'Bit 4 de INS
p5 = IN5  'Bit 5 de INS
p14 = IN14 'Bit 14 de INS
pino012 = INA & mask  'valor dos pinos p0p1p2
aux = p5+pino012  'Se p0,p1,p2 ou p5 diferente de zero entao aux<>0
if aux <> 0 then in_h 'redireciona para a rotina in_h
goto principal
END

```

### 13.2. Desenho do mecanismo

## MM74HC32

### Quad 2-Input OR Gate

#### General Description

The MM74HC32 OR gates utilize advanced silicon-gate CMOS technology to achieve operating speeds similar to LS-TTL gates with the low power consumption of standard CMOS integrated circuits. All gates have buffered outputs providing high noise immunity and the ability to drive 10 LS-TTL loads. The 74HC logic family is functionally as well as pin-out compatible with the standard 74LS logic family.

All inputs are protected from damage due to static discharge by internal diode clamps to  $V_{CC}$  and ground.

#### Features

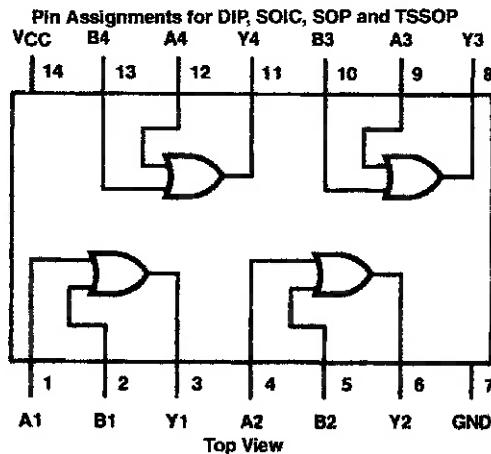
- Typical propagation delay: 10 ns
- Wide power supply range: 2–6V
- Low quiescent current: 20  $\mu$ A maximum (74HC Series)
- Low input current: 1  $\mu$ A maximum
- Fanout of 10 LS-TTL loads

#### Ordering Code:

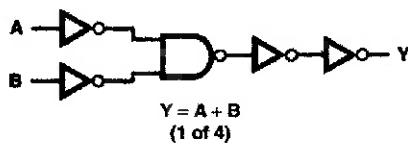
Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC32M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow
MM74HC32SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
MM74HC32MTC	MTC14	14-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC32N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix letter "X" to the ordering code.

#### Connection Diagram



#### Logic Diagram



**Absolute Maximum Ratings** (Note 1)

(Note 2)

Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	-0.5 to +7.0V
DC Input Voltage ( $V_{IN}$ )	-1.5 to $V_{CC}$ + 1.5V
DC Output Voltage ( $V_{OUT}$ )	-0.5 to $V_{CC}$ + 0.5V
Clamp Diode Current ( $I_{IK}, I_{OK}$ )	±20 mA
DC Output Current, per pin ( $I_{OUT}$ )	±25 mA
DC $V_{CC}$ or GND Current, per pin ( $I_{CC}$ )	±50 mA
Storage Temperature Range ( $T_{STG}$ )	-65°C to +150°C
Power Dissipation ( $P_D$ )	
(Note 3)	600 mW
S.O. Package only	500 mW
Lead Temperature ( $T_L$ ) (Soldering 10 seconds)	260°C

**Recommended Operating Conditions**

		Min	Max	Units
Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	2	6	V	
DC Input or Output Voltage ( $V_{IN}, V_{OUT}$ )	0	$V_{CC}$	V	
Operating Temperature Range ( $T_A$ )	-40	+85	°C	
Input Rise or Fall Times ( $t_r, t_f$ )	$V_{CC} = 2.0V$ $V_{CC} = 4.5V$ $V_{CC} = 6.0V$	1000 500 400	ns	
	Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.			
	Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.			
	Note 3: Power Dissipation temperature derating — plastic "N" package: — 12 mW/°C from 65°C to 85°C.			

**DC Electrical Characteristics** (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}$	$T_A = 25^\circ C$		Units
				Typ	Guaranteed Limits	
$V_{IH}$	Minimum HIGH Level Input Voltage		2.0V	1.5	1.5	V
			4.5V	3.15	3.15	V
			6.0V	4.2	4.2	V
$V_{IL}$	Maximum LOW Level Input Voltage		2.0V	0.5	0.5	V
			4.5V	1.35	1.35	V
			6.0V	1.8	1.8	V
$V_{OH}$	Minimum HIGH Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 20 \mu A$	2.0V	2.0	1.9	V
			4.5V	4.5	4.4	V
			6.0V	6.0	5.9	V
		$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 4.0 \text{ mA}$ $ I_{OUT}  \leq 5.2 \text{ mA}$	4.5V	4.7	3.98	V
			6.0V	5.2	5.48	V
$V_{OL}$	Maximum LOW Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 20 \mu A$	2.0V	0	0.1	V
			4.5V	0	0.1	V
			6.0V	0	0.1	V
		$V_{IN} = V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 4.0 \text{ mA}$ $ I_{OUT}  \leq 5.2 \text{ mA}$	4.5V	0.2	0.26	V
			6.0V	0.2	0.26	V
$I_{IN}$	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND	6.0V		±0.1	µA
$I_{CC}$	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND $I_{OUT} = 0 \mu A$	6.0V		2.0	20

Note 4: For a power supply of 5V ±10% the worst case output voltages ( $V_{OH}$  and  $V_{OL}$ ) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this supply. Worst case  $V_{IH}$  and  $V_{IL}$  occur at  $V_{CC} = 5.5V$  and 4.5V respectively. (The  $V_{IH}$  value at 5.5V is 3.85V.) The worst case leakage current ( $I_{IN}$ ,  $I_{CC}$ , and  $I_{OZ}$ ) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.

### AC Electrical Characteristics

$V_{CC} = 5V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ ,  $C_L = 15 \text{ pF}$ ,  $t_r = t_f = 6 \text{ ns}$

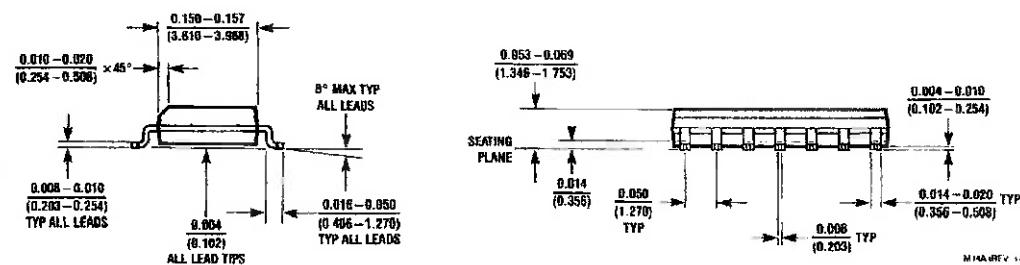
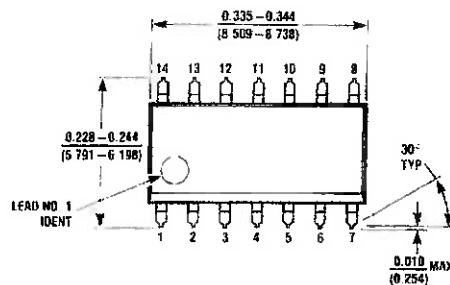
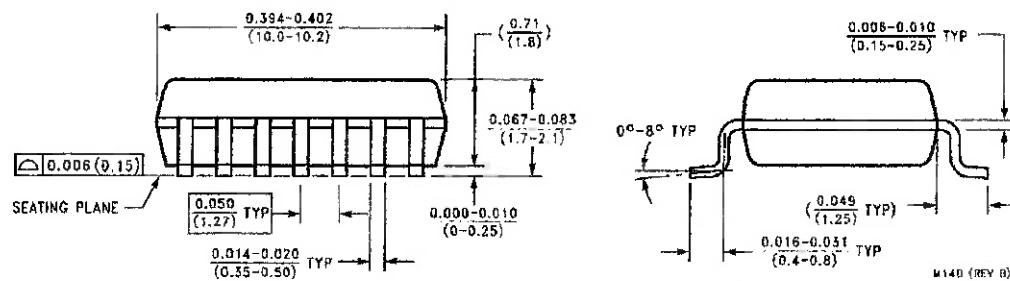
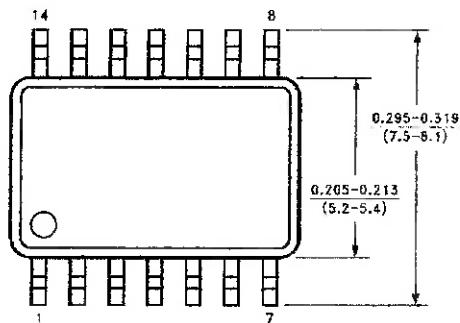
Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay		10	18	ns

### AC Electrical Characteristics

$V_{CC} = 2.0V$  to  $6.0V$ ,  $C_L = 50 \text{ pF}$ ,  $t_r = t_f = 6 \text{ ns}$  (unless otherwise specified)

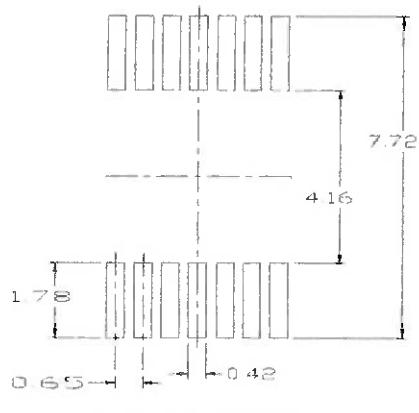
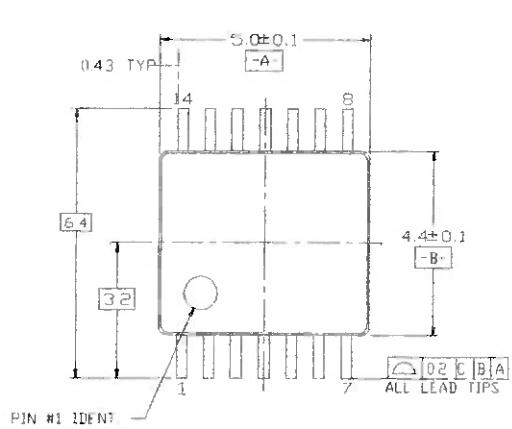
Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}$	$T_A = 25^\circ C$		Guaranteed Limits	Units
				Typ			
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay		2.0V	30	100	125	ns
			4.5V	12	20	25	ns
			6.0V	9	17	21	ns
$t_{TLH}, t_{THL}$	Maximum Output Rise and Fall Time		2.0V	30	75	95	ns
			4.5V	8	15	19	ns
			6.0V	7	13	16	ns
$C_{PD}$	Power Dissipation Capacitance (Note 5)	(per gate)		50			pF
$C_{IN}$	Maximum Input Capacitance			5	10	10	pF

Note 5:  $C_{PD}$  determines the no load dynamic power consumption,  $P_D = C_{PD} V_{CC}^2 f + I_{CC} V_{CC}$ , and the no load dynamic current consumption,  $I_S = C_{PD} V_{CC} f + I_{CC}$ .

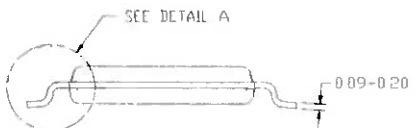
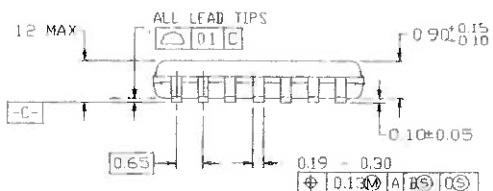
**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted

**14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow  
Package Number M14A**

**14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide  
Package Number M14D**

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

14LD, TSSOP, JEDEC MO-153, 4.4MM WIDE



#### LAND PATTERN RECOMMENDATION

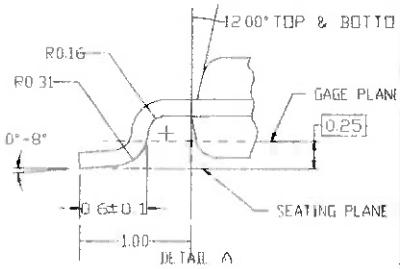


#### NOTES:

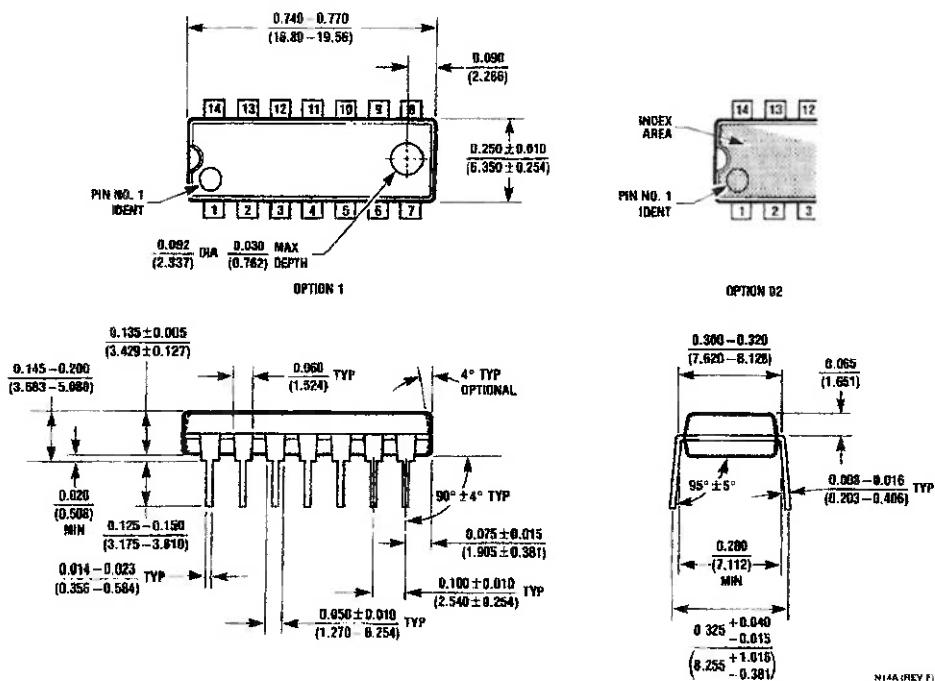
A CONFORMS TO JEDEC REGISTRATION MO-153 VARIATION AB  
REF NOTE 6, DATED 7/93

B. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

**C. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLD FLASH,  
AND TIE BAR EXTRUSIONS**



**14-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide  
Package Number MTC14**

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide  
Package Number N14A

**LIFE SUPPORT POLICY**

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

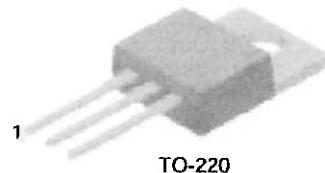
[www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)

# TIP120/121/122

TIP120/121/122

## Medium Power Linear Switching Applications

- Complementary to TIP125/126/127



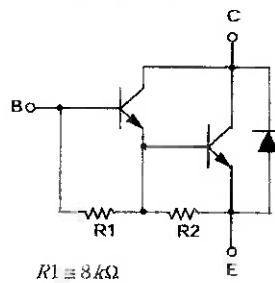
1. Base 2. Collector 3. Emitter

## NPN Epitaxial Darlington Transistor

### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : TIP120	60	V
	: TIP121	80	V
	: TIP122	100	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : TIP120	60	V
	: TIP121	80	V
	: TIP122	100	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	5	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	8	A
$I_B$	Base Current (DC)	120	mA
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_a=25^\circ\text{C}$ )	2	W
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	65	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

### Equivalent Circuit



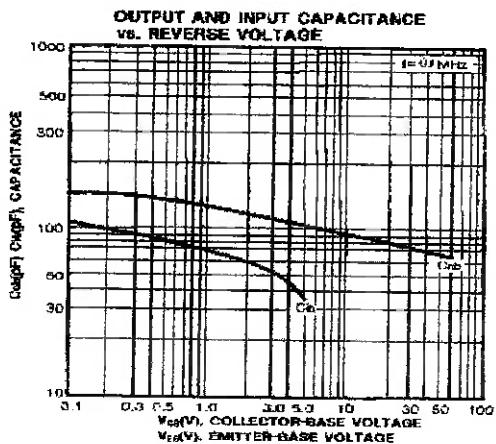
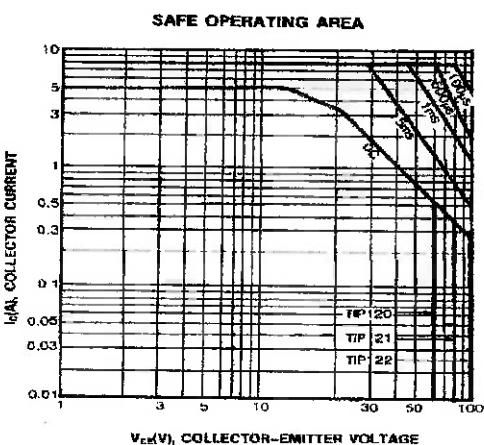
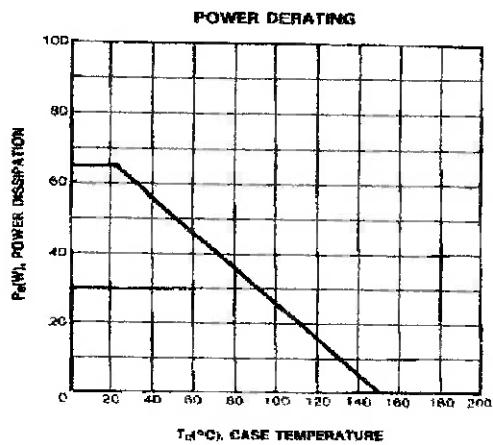
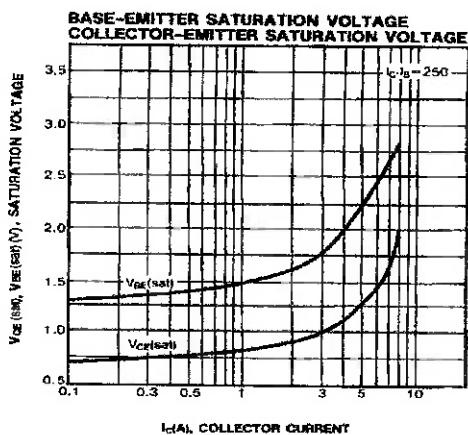
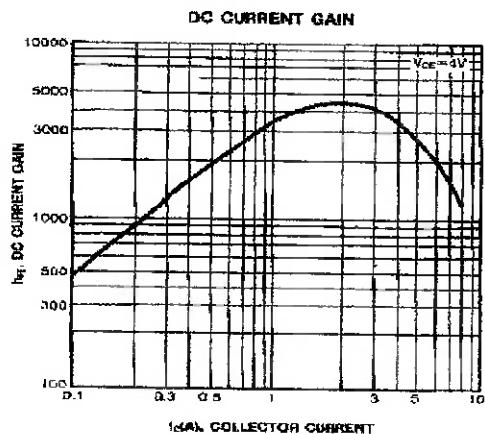
$R1 \approx 8\text{k}\Omega$   
 $R2 \approx 0.12\text{k}\Omega$

### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(\text{sus})}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage : TIP120	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 0$	60		V
	: TIP121		80		V
	: TIP122		100		V
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current : TIP120	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$	0.5		mA
	: TIP121	$V_{CE} = 40\text{V}, I_B = 0$	0.5		mA
	: TIP122	$V_{CE} = 50\text{V}, I_B = 0$	0.5		mA
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current : TIP120	$V_{CB} = 60\text{V}, I_E = 0$	0.2		mA
	: TIP121	$V_{CB} = 80\text{V}, I_E = 0$	0.2		mA
	: TIP122	$V_{CB} = 100\text{V}, I_E = 0$	0.2		mA
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = 5\text{V}, I_C = 0$		2	mA
$h_{FE}$	* DC Current Gain	$V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 0.5\text{A}$	1000		
		$V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 3\text{A}$	1000		
$V_{CE(\text{sat})}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{A}, I_B = 12\text{mA}$		2.0	V
		$I_C = 5\text{A}, I_B = 20\text{mA}$		4.0	V
$V_{BE(\text{on})}$	* Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 3\text{A}$		2.5	V
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 10\text{V}, I_E = 0, f = 0.1\text{MHz}$		200	pF

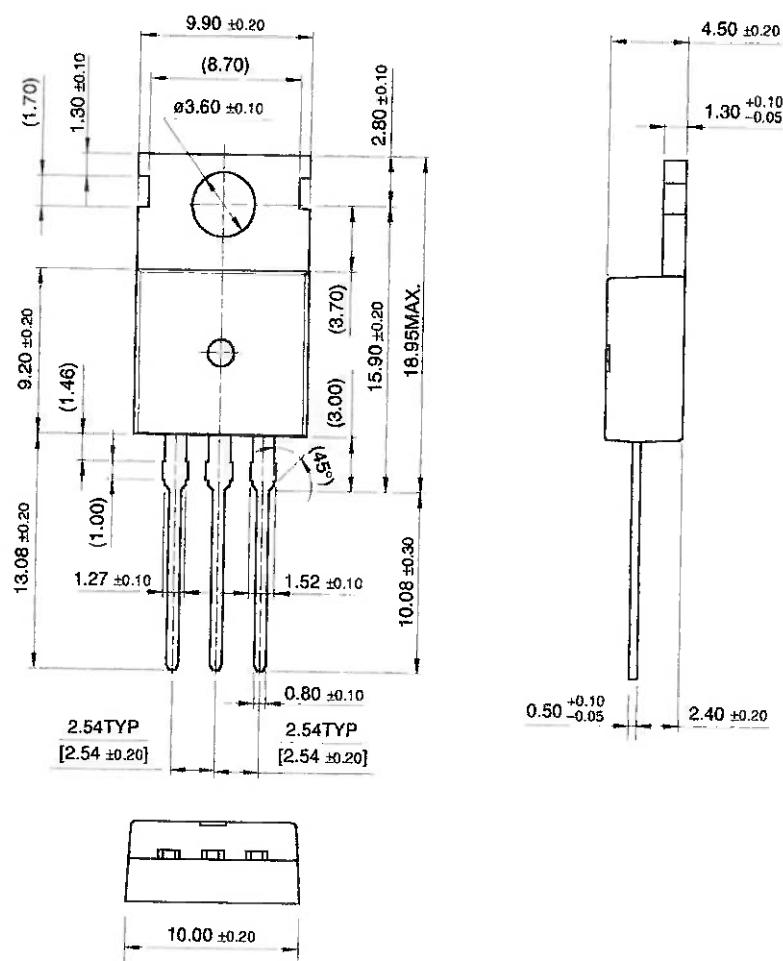
\* Pulse Test :  $PW \leq 300\mu\text{s}$ , Duty cycle  $\leq 2\%$

## Typical characteristics



## Package Dimensions

## TO-220



## TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE<sup>TM</sup>  
CoolFET<sup>TM</sup>  
CROSSVOLT<sup>TM</sup>  
E<sup>2</sup>CMOS<sup>TM</sup>  
FACT<sup>TM</sup>  
FACT Quiet Series<sup>TM</sup>  
FAST<sup>®</sup>  
FASTR<sup>TM</sup>  
GTO<sup>TM</sup>  
HiSeC<sup>TM</sup>

ISOPLANAR<sup>TM</sup>  
MICROWIRE<sup>TM</sup>  
POP<sup>TM</sup>  
PowerTrench<sup>TM</sup>  
QFET<sup>TM</sup>  
QS<sup>TM</sup>  
Quiet Series<sup>TM</sup>  
SuperSOT<sup>TM</sup>-3  
SuperSOT<sup>TM</sup>-6  
SuperSOT<sup>TM</sup>-8

SyncFET<sup>TM</sup>  
TinyLogic<sup>TM</sup>  
UHC<sup>TM</sup>  
VCX<sup>TM</sup>

## DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

## LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

## PRODUCT STATUS DEFINITIONS

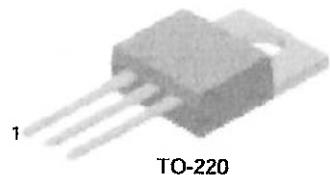
### Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

**TIP125/126/127**

## Medium Power Linear Switching Applications

- Complementary to TIP120/121/122



1.Base 2.Collector 3.Emitter

## PNP Epitaxial Darlington Transistor

### Absolute Maximum Ratings $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage : TIP125	- 60	V
	: TIP126	- 80	V
	: TIP127	- 100	V
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage : TIP125	- 60	V
	: TIP126	- 80	V
	: TIP127	- 100	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	- 5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	- 5	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	- 8	A
$I_B$	Base Current (DC)	- 120	mA
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_a=25^\circ C$ )	2	W
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ C$ )	65	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ C$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 65 - 150	$^\circ C$

### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CEO(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage : TIP125 : TIP126 : TIP127	$I_C = -100mA, I_B = 0$	-60 -80 -120		V V V
$I_{CEO}$	Collector Cut-off Current : TIP125 : TIP126 : TIP127	$V_{CE} = -30V, I_B = 0$ $V_{CE} = -40V, I_B = 0$ $V_{CE} = -50V, I_B = 0$		-2 -2 -2	mA mA mA
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current : TIP125 : TIP126 : TIP127	$V_{CB} = -60V, I_E = 0$ $V_{CB} = -80V, I_E = 0$ $V_{CB} = -100V, I_E = 0$		-1 -1 -1	mA mA mA
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = -5V, I_C = 0$		-2	mA
$h_{FE}$	* DC Current Gain	$V_{CE} = -3V, I_C = 0.5A$ $V_{CE} = -3V, I_C = -3A$	1000 1000		
$V_{CE(sat)}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -3A, I_B = -12mA$ $I_C = -5A, I_B = -20mA$		-2 -4	V V
$V_{BE(on)}$	* Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = -3V, I_C = -3A$		-2.5	V
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB} = -10V, I_E = 0, f = 0.1MHz$		300	pF

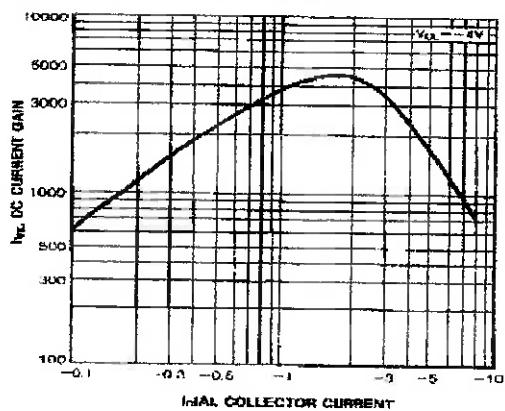
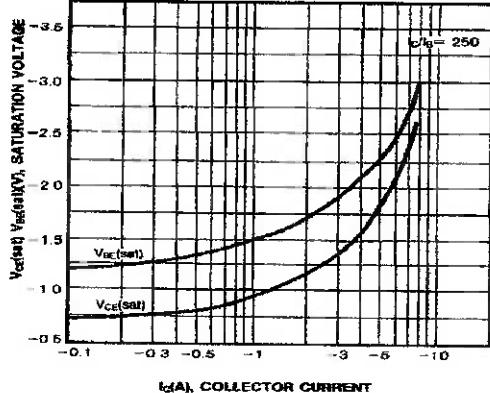
Pulse Test : PW  $\leq$  300 ms, Duty cycle  $\leq$  2%

---

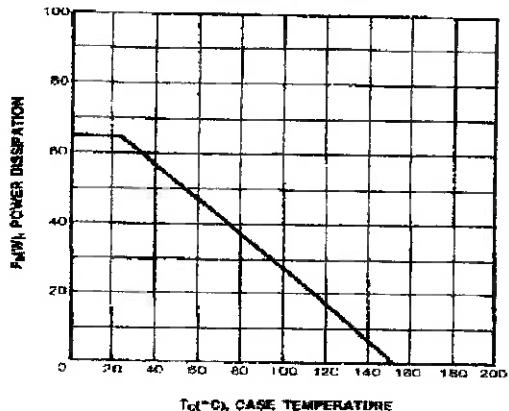
Rev. B, February 2000

## Typical Characteristics

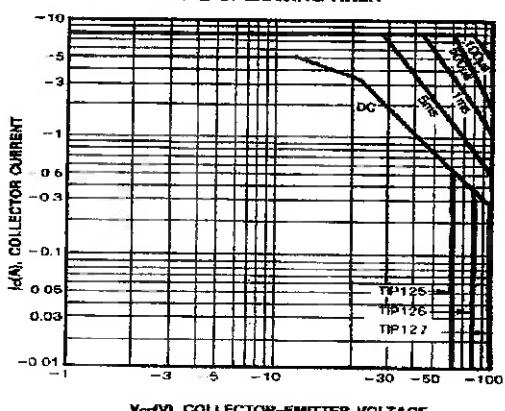
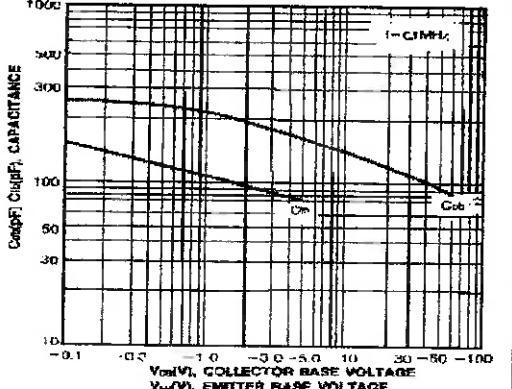
DC CURRENT GAIN

BASE-EMITTER SATURATION VOLTAGE  
COLLECTOR-EMITTER SATURATION VOLTAGE

POWER DERATING

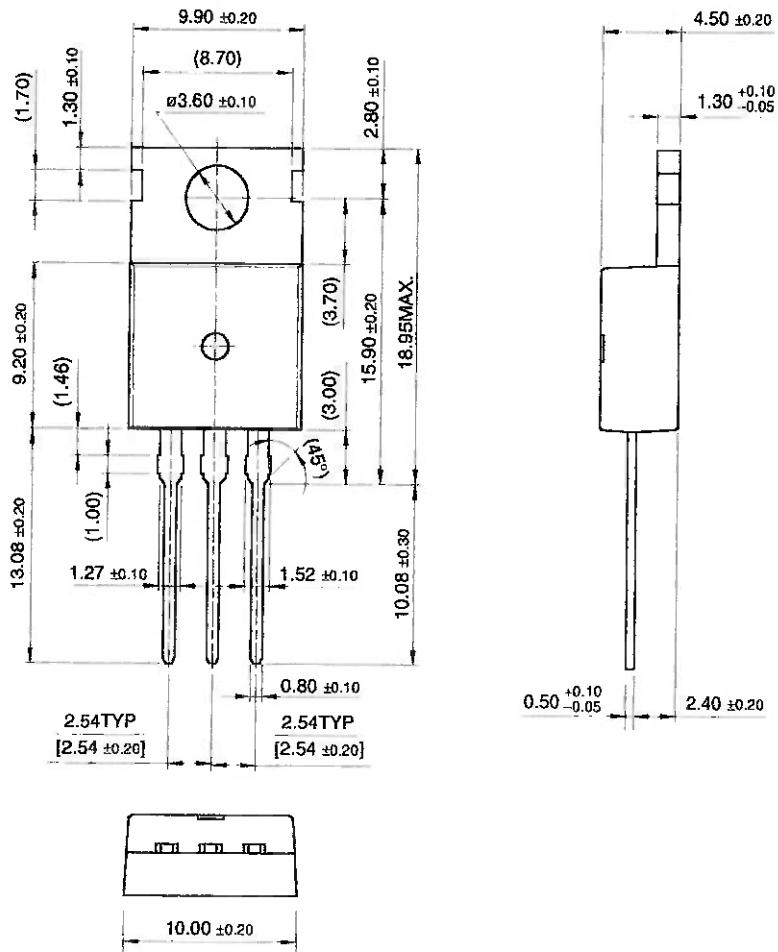


SAFE OPERATING AREA

OUTPUT AND INPUT CAPACITANCE  
vs. REVERSE VOLTAGE

## Package Dimensions

## TO-220



## TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE<sup>TM</sup>

CoolFET<sup>TM</sup>

CROSSVOLT<sup>TM</sup>

E<sup>2</sup>CMOS<sup>TM</sup>

FACT<sup>TM</sup>

FACT Quiet Series<sup>TM</sup>

FAST<sup>®</sup>

FASTR<sup>TM</sup>

GTO<sup>TM</sup>

HiSeC<sup>TM</sup>

ISOPLANAR<sup>TM</sup>

MICROWIRE<sup>TM</sup>

POP<sup>TM</sup>

PowerTrench<sup>TM</sup>

QFET<sup>TM</sup>

QS<sup>TM</sup>

Quiet Series<sup>TM</sup>

SuperSOT<sup>TM</sup>-3

SuperSOT<sup>TM</sup>-6

SuperSOT<sup>TM</sup>-8

SyncFET<sup>TM</sup>

TinyLogic<sup>TM</sup>

UHC<sup>TM</sup>

VCX<sup>TM</sup>

## DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

## LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

## PRODUCT STATUS DEFINITIONS

### Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.