

GERSON MARTINS CAMPOI
MARCOS FORTUNATO VISCONTI

**VEÍCULO DE VÍDEO-INSPEÇÃO INTERNA PARA PÁS DE TURBINAS
EÓLICAS**

São Paulo
2007

GERSON MARTINS CAMPOI
MARCOS FORTUNATO VISCONTI

VEÍCULO DE VÍDEO-INSPEÇÃO INTERNA PARA PÁS DE TURBINAS EÓLICAS

Trabalho de formatura apresentado ao
Departamento de Engenharia Mecatrônica e
Sistemas Mecânicos da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

São Paulo
2007

GERSON MARTINS CAMPOI
MARCOS FORTUNATO VISCONTI

VEÍCULO DE VÍDEO-INSPEÇÃO INTERNA PARA PÁS DE TURBINAS EÓLICAS

Trabalho de formatura apresentado ao
Departamento de Engenharia Mecatrônica e
Sistemas Mecânicos da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

Área de Concentração: Engenharia Mecatrônica

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Adamowski

São Paulo
2007

DEDICATÓRIA

Aos nossos familiares, pela dedicação constante, não só agora, mas ao longo de todo o período de estudos, sem eles esse sonho não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Julio Cezar Adamowski, pelo apoio ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao engenheiro Márcio Firmino pelo auxílio prestado durante a confecção das peças mecânicas.

À TECSIS, e, especialmente, ao engenheiro Caio Teruo Hideshima, pela oportunidade de desenvolver um trabalho de engenharia, aplicando os conceitos fornecidos durante a graduação.

Aos nossos familiares, namoradas e amigos, pela paciência e compreensão durante a execução deste trabalho.

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para a execução deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivos a realização do projeto e a construção de um veículo de vídeo-inspeção controlado remotamente por operador. O veículo será utilizado na inspeção interna de pás de turbinas eólicas produzidas pela empresa Tecsis. Sua função será averiguar possíveis falhas na junção dos cascos com a longarina principal, assim como fornecer as localizações dessas falhas. As imagens serão capturadas através de uma câmera de circuito fechado de TV (CFTV) e transmitidas em tempo real para o computador do operador por um transmissor wireless. O operador terá controle total sobre a movimentação do veículo assim como sobre a rotação horizontal da câmera (pan), sendo esse controle realizado através do computador que transmite os comandos para o veículo usando tecnologia wireless. O veículo conta com uma estrutura mecânica para locomoção, direção e transporte da câmera, bem como uma eletrônica dedicada para controle dos atuadores, encoders, ligação da câmera e transmissão dos dados via RF. A eletrônica é baseada no "Wireless Control Kit Application", fabricado pela "Rabbit Semiconductor" que possui um microprocessador Rabbit 3000, módulos RF MaxStream de 900MHz XCite e módulos Maxstream RS-232/RS-485. A programação do kit foi realizada com a utilização do software Dynamic C.

Palavras-chave

vídeo-inspeção. aquisição de imagens. câmera de circuito fechado de TV. (CFTV). wireless. transmissão de dados via RF. pás de turbina eólica. robô móvel. pan. rabbit semiconductor. dynamic c. pás de turbinas eólicas.

ABSTRACT

The present work has as objectives the accomplishment of the project and the construction of a vehicle of video-inspection controlled by operator. The vehicle will be used in the internal inspection of aeolian turbines shovels produced by Tecsis company. Its function will be to inquire possible imperfections in hooves junction with the main stringer, as well as supplying the localizations of these imperfections. The images will be captured through a closed-circuit camera of TV (CFTV) and transmitted in real time to the operator's computer by a wireless transmitter. The operator will have total control on the movement of the vehicle as well as on the horizontal rotation of the camera (pan), being this control carried through the computer that transmits the commands for the vehicle using wireless technology. The vehicle counts on a mechanic structure for locomotion, direction and transport of the camera, as well as a dedicated electronics for control of the actuators, encoders, linking of the camera and data transmission by FR. The electronics is based on the "Wireless Control Kit Application", manufactured by "Semiconducting Rabbit" that posses a microprocessor Rabbit 3000, modules RF MaxStream of 900MHz XCite and Maxstream modules RS-232/RS-485. The programming of the kit was carried through by Dynamic C software.

Key Words

video-inspection. images acquisition. TV closed-circuit camera (CFTV). wireless. data transmission by FR. shovels of aeolian turbine. mobile robot. pan. rabbit semiconductor. dynamic c. aeolian turbines shovels.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DENSIDADES DOS MATERIAIS _____	29
TABELA 2: TABELA DE REDUÇÃO DE PESO DAS POLIAS _____	30
TABELA 3: DIMENSÕES EM MILÍMETROS, AONDE N = NÚMERO DE DENTES E M = MÓDULO _	39
TABELA 4: TABELA DE ESPECIFICAÇÕES DO MOTORREDUTOR _____	40
TABELA 5: ESPECIFICAÇÕES DO ANEL DE RETENÇÃO _____	47
TABELA 6: DIMENSIONAMENTO DA BATERIA _____	54
TABELA 7: LEVANTAMENTO DE MODELOS PARA ESCOLHA DA CÂMERA IP _____	87
TABELA 8: ESPECIFICAÇÕES DA CÂMERA CFTV _____	90
TABELA 9: ESPECIFICAÇÕES DO SERVO HS-311 _____	92
TABELA 10: OBJETOS DO MICROSOFT VISUAL BASIC 6 _____	97
TABELA 11: MÉTODOS DO MICROSOFT VISUAL BASIC 6 _____	98
TABELA 12: EVENTOS DO MICROSOFT VISUAL BASIC 6 _____	99
TABELA 13: PROPRIEDADES DO CONTROLE MSCOMM _____	100
TABELA 14: CARACTERES ENVIADOS PELA PORTA SERIAL DE ACORDO COM O EVENTO _	101
TABELA 15: FUNÇÕES DA PORTA SERIAL DO RABBIT _____	104
TABELA 16: LISTAGEM DE COMPONENTES PRESENTES NO VEÍCULO _____	115
TABELA 17: CUSTO FINAL _____	117

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: TURBINAS EÓLICAS MONTADAS EM ALTO MAR	16
FIGURA 2: PARTES CONSTITUINTES DE UMA TURBINA EÓLICA	16
FIGURA 3: PARTES CONSTITUINTES DE UMA PÁ	17
FIGURA 4: VARIAÇÃO DA DIMENSÃO AO LONGO DO COMPRIMENTO DE UMA PÁ	17
FIGURA 5: DIÂMETRO DE ENTRADA DE UMA PÁ, JÁ TAMPADA PARA MONTAGEM	18
FIGURA 6: JUNÇÃO EM UM MODELO A DE PÁ	19
FIGURA 7: JUNÇÃO EM UM MODELO B DE PÁ	19
FIGURA 8: PÁ MODELO A	19
FIGURA 9: PÁ MODELO B	19
FIGURA 10: PERFIL DE UMA PÁ DE TURBINA EÓLICA MODELO A	20
FIGURA 11: DIMENSÕES MÁXIMAS PERMITIDAS	21
FIGURA 12: MODELO PARA O DIMENSIONAMENTO DOS MOTORES	24
FIGURA 13: MOTO-REDUTOR MR101-140M-PT	27
FIGURA 14: DESENHO DO MOTO-REDUTOR MR101-140M-PT	27
FIGURA 15: VÃO ENTRE O CHASSIS E LONGARINA DEVIDO AO PÁRA-RAIOS	28
FIGURA 16: POLIAS DIANTEIRA E TRASEIRA	30
FIGURA 17: SISTEMA DE LOCOMOÇÃO INICIAL	31
FIGURA 18: SISTEMA DE LOCOMOÇÃO ATUAL	32
FIGURA 19: CORREIAS DISPONÍVEIS DO FABRICANTE CORREIAS SCHNEIDER	33
FIGURA 20: ROLAMENTOS DISPONÍVEIS COM DIÂMETRO EXTERNO NA FAIXA REQUERIDA	34
FIGURA 21: TIPOS DE ROLAMENTOS FIXOS DE UMA CARREIRA DE ESFERAS	35
FIGURA 22: DIMENSÕES PRINCIPAIS DE UM ROLAMENTO BLINDADO (TIPO VV - NSK)	36
FIGURA 23: RELAÇÃO FORNECIDA PELO FABRICANTE NSK	36
FIGURA 24: INSTALAÇÃO COM MOTORES DE TRAÇÃO ACOPLADOS DIRETAMENTE ÀS POLIAS	38
FIGURA 25: PAR ROSCA SEM FIM EXISTENTE NO MERCADO	38
FIGURA 26: PAR DE ENGRENAGENS CÔNICAS	39
FIGURA 27: PROJEÇÃO TRAPEZOIDAL DA ÁREA DA BASE DO DENTE DO PINHÃO	43
FIGURA 28: VISÃO GERAL DO PROJETO MECÂNICO	45
FIGURA 29: VISÃO GERAL DO PROJETO MECÂNICO	45
FIGURA 30: VISTAS DO SUPORTE DE ALUMÍNIO	46
FIGURA 31: ESQUEMA DE FIXAÇÃO DO MOTOR TRANSMISSÃO	46

FIGURA 32: DESENHO DO ANEL DE RETENÇÃO	47
FIGURA 33: ESQUEMA DE FIXAÇÃO DA POLIA NO MOTOR	47
FIGURA 34: ESQUEMA DE INSTALAÇÃO DO EIXO DIANTEIRO	48
FIGURA 35: ESQUEMA DE DISPOSIÇÃO DOS ROLAMENTOS	48
FIGURA 36: VISTA DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO	49
FIGURA 37: SISTEMA DE TRANSMISSÃO FINAL	49
FIGURA 38: CHASSIS	50
FIGURA 39: FIXAÇÃO DA CÂMERA E SERVO	50
FIGURA 40: VISÃO FINAL DA INSTALAÇÃO SERVO-CÂMERA	51
FIGURA 41: SUBSISTEMAS DO VEÍCULO	51
FIGURA 42: ETAPA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO CHASSIS	52
FIGURA 43: PARTES MAIS SIGNIFICATIVAS	53
FIGURA 44: BATERIA ADQUIRIDA	55
FIGURA 45: WIRELESS CONTROL APPLICATION KIT	56
FIGURA 46: CDS PRESENTES NO WIRELESS CONTROL APPLICATION KIT	57
FIGURA 47: PLACA LP3500	58
FIGURA 48: FIXAÇÃO DOS SUPORTES ISOLADORES NA LP3500	59
FIGURA 49: ACOPLAGEM DA LP3500 COM A PLACA DE PROTOTIPAGEM	59
FIGURA 50: ACOPLAGEM DA LP3500 COM A PLACA DE PROTOTIPAGEM	60
FIGURA 51: CONEXÃO DO CABO DE PROGRAMAÇÃO E LIGAÇÃO DA FONTE 12 V DC, 1A	60
FIGURA 52: ADAPTADOR USB-SERIAL	61
FIGURA 53: PORTA VIRTUAL CRIADA	61
FIGURA 54: CONFIGURAÇÃO PARA MODO DE OPERAÇÃO RS-232	62
FIGURA 55: ACOPLAMENTO ENTRE O MÓDULO RF E O MÓDULO RS-232	62
FIGURA 56: ACOPLAMENTO ENTRE O MÓDULO RF E O MÓDULO RS-232	63
FIGURA 57: PAINEL DE LIGAÇÃO DO MÓDULO RS-232	63
FIGURA 58: CD WIRELESS CONTROL 1.01	64
FIGURA 59: MÓDULO RS-232 ALIMENTADO	64
FIGURA 60: CONFIGURAÇÃO INICIAL DO MODEM RF ATRAVÉS DO SOFTWARE X-CTU	65
FIGURA 61: MENSAGEM DE SUCESSO NA COMUNICAÇÃO DO PC COM O MODEM RF	65
FIGURA 62: CONFIGURAÇÃO DO MODEM RF PARA COMUNICAÇÃO COM LP3500	66
FIGURA 63: ACOPLAMENTO MÓDULO RS-232 COM PLACA LP3500	67
FIGURA 64: CONEXÃO ENTRE O MÓDULO RS-232 E A PLACA LP3500	67

FIGURA 65: MONTAGEM COMPLETA PARA COMUNICAÇÃO ENTRE O PC E A LP3500 DE FORMA WIRELESS _____	68
FIGURA 66: CD MODBUS 1.02 _____	68
FIGURA 67: PROGRAMA MODBUSMASTER APPLICATION COM DIGOUT0 E DIGOUT3 ACIONADAS _____	69
FIGURA 68: DIGOUT0 E DIGOUT3 ACIONADAS _____	69
FIGURA 69: PAINEL DE CONTROLE NO WINDOWS XP _____	70
FIGURA 70: ADIÇÃO DE UM NOVO MODEM _____	71
FIGURA 71: SELEÇÃO DO TIPO DE NOVO MODEM A SER INSTALADO _____	71
FIGURA 72: SELEÇÃO DA PORTA COM A QUAL O MODEM RF ESTÁ CONECTADO _____	72
FIGURA 73: MENSAGEM DE SUCESSO APÓS A INSTALAÇÃO DO MODEM _____	72
FIGURA 74: LISTA DE MODEMS ATUALIZADA, EXIBINDO O NOVO MODEM INSTALADO _____	73
FIGURA 75: PAINEL DE CONTROLE, CONEXÕES DE REDE _____	74
FIGURA 76: ASSISTENTE PARA NOVAS CONEXÕES _____	74
FIGURA 77: CONFIGURAR UMA CONEXÃO AVANÇADA _____	75
FIGURA 78: CONECTAR-SE DIRETAMENTE A OUTRO COMPUTADOR _____	75
FIGURA 79: CONVIDADO _____	76
FIGURA 80: NOME DA CONEXÃO _____	76
FIGURA 81: SELEÇÃO DO DISPOSITIVO _____	77
FIGURA 82: CONCLUINDO O ASSISTENTE PARA NOVAS CONEXÕES _____	77
FIGURA 83: CONECTAR LP3500 _____	78
FIGURA 84: LP3500 PROPRIEDADES _____	78
FIGURA 85: CONFIGURAÇÃO DO MODEM _____	79
FIGURA 86: LP3500 PROPRIEDADES, OPÇÕES _____	79
FIGURA 87: LP3500 PROPRIEDADES, SEGURANÇA _____	80
FIGURA 88: LP3500 PROPRIEDADES, REDE _____	80
FIGURA 89: CONFIGURAÇÕES TCP/IP AVANÇADAS, GERAL _____	81
FIGURA 90: CONFIGURAÇÕES TCP/IP AVANÇADAS, WINS _____	82
FIGURA 91: DISCANDO A CONEXÃO LP3500 _____	82
FIGURA 92: DL2 CONFIGURATION = 1 – RTS FLOW CONTROL _____	83
FIGURA 93: PATH LOSS ENTRE TRANSMISSOR E RECEPTOR RF _____	84
FIGURA 94: INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA NA TRANSMISSÃO DE SINAIS DE RF _____	85
FIGURA 95: INFLUÊNCIA DOS OBJETOS PRESENTES NO CAMINHO DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS RF _____	85

FIGURA 96: INTERFACE DE COMUNICAÇÃO PC-VEÍCULO	86
FIGURA 97: FOTO DA CÂMERA INICIALMENTE ESCOLHIDA	88
FIGURA 98: FOTO DA CÂMERA DE CFTV	89
FIGURA 99: TRANSMISSOR WIRELESS DE ÁUDIO E VÍDEO	90
FIGURA 100: PLACA DE CAPTURA USB DVR	91
FIGURA 101: ESQUEMA DE RELACIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS CONSTITUINTES DO SISTEMA DE VISÃO	91
FIGURA 102: SERVO HS-311	92
FIGURA 103: SINAIS NO CONECTOR DO SERVO	93
FIGURA 104: SINAIS DE ENTRADA DO SERVO HS-311	94
FIGURA 105: OBJETOS DO MICROSOFT VISUAL BASIC 6	97
FIGURA 106: MÉTODOS DO MICROSOFT VISUAL BASIC 6	99
FIGURA 107: PROGRAMA EXEMPLO EM MICROSOFT VISUAL BASIC 6	100
FIGURA 108: INTERFACE COM O USUÁRIO	102
FIGURA 109: JANELA DE CONFIGURAÇÃO DO SOFTWARE TECSISCONTROL	102
FIGURA 110: JANELA DE COMANDOS DO SOFTWARE TECSISCONTROL	103
FIGURA 111: SOFTWARE DINAMYC C 9.52 UTILIZADO NA PROGRAMAÇÃO E CARREGAMENTO DO RABBIT	106
FIGURA 112: FUNÇÃO DO DRIVER E SINAIS DE ENTRADA E SAÍDA	107
FIGURA 113: SINAIS PWM COM VÁRIOS DUTY CYCLES	108
FIGURA 114: CIRCUITO PARA CONTROLE BI-DIRECIONAL DE MOTORES CC APRESENTADO NO DATASHEET	109
FIGURA 115: COMPOSIÇÃO DAS ENTRADAS PWM E –PWM NA ENTRADA DO L298N	110
FIGURA 116: CIRCUITO COMPLETO DO DRIVER PROJETADO	111
FIGURA 117: PLACA MONTADA DO DRIVER PROJETADO	112
FIGURA 118: CONECTORES DO CIRCUITO LIGADOS AO DRIVER	113
FIGURA 119: ORDEM DAS CORES PARA LIGAÇÃO AO DRIVER	113
FIGURA 120: COMPONENTES PRESENTES NO VEÍCULO	114
FIGURA 121: EQUIPAMENTOS AGRUPADOS NA CAIXA	115

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	MOTIVAÇÕES	16
1.2	JUSTIFICATIVAS	18
1.3	OBJETIVOS	19
2	ATIVIDADES REALIZADAS	21
3	PROJETO MECÂNICO	23
3.1	SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES MECÂNICOS	23
3.1.1	<i>Dimensionamento dos motores de locomoção</i>	23
3.1.2	<i>Motores de locomoção</i>	26
3.1.3	<i>Seleção das polias e correias</i>	27
3.1.4	<i>Polias</i>	29
3.1.4.1	Diretrizes gerais de projeto	29
3.1.4.2	Seleção de materiais	29
3.1.5	<i>Geometria final das peças</i>	30
3.1.6	<i>Correias</i>	31
3.1.7	<i>Seleção dos rolamentos</i>	34
3.1.8	<i>Seleção dos rolamentos</i>	37
3.2	SISTEMA DE TRANSMISSÃO	37
3.2.1	<i>Estudo da transmissão</i>	37
3.2.2	<i>Estudo da redução</i>	40
3.2.3	<i>Estudo da capacidade de carga das engrenagens</i>	42
3.2.3.1	Cálculo da área da base do dente	42
3.2.3.2	Verificação da resistência do dente à força imposta	43
3.3	MODELO EM CAD	45
3.4	CÁLCULO DO PESO DO VEÍCULO	53
4	DIMENSIONAMENTO DA BATERIA	54
5	PROJETO ELETRÔNICO / CONTROLE	56
5.1	CONTEÚDO DO WIRELESS CONTROL APPLICATION KIT	56
5.2	CARACTERÍSTICAS DA PLACA LP3500	58

5.3	CONEXÕES ENTRE AS PARTES CONSTITUINTES	59
5.3.1	<i>LP3500 e Placa de prototipagem</i>	59
5.3.2	<i>Módulo RF e módulo RS-232</i>	62
5.3.3	<i>Ponte entre módulos RF e controle da LP3500</i>	66
5.4	CONFIGURAÇÃO PARA ACESSO WIRELESS AO LP3500 EM WINDOWS XP	70
5.4.1	<i>Configuração do modem</i>	70
5.4.2	<i>Configuração da rede</i>	73
5.5	VERIFICAÇÃO DO ALCANCE DOS MÓDULOS DE RF	84
5.6	OPERAÇÃO DO VEÍCULO DE VÍDEO-INSPEÇÃO	86
6	PROJETO DE CAPTURA DE IMAGEM	87
6.1	INICIAL (CÂMERA IP)	87
6.2	FATORES QUE LEVARAM À REFORMULAÇÃO DO PROJETO DE VISÃO	89
6.3	FINAL (CFTV)	89
6.4	SERVO MOTOR	92
6.5	MOVIMENTAÇÃO DA CÂMERA	93
7	LAYOUT DA INTERFACE COM USUÁRIO	95
7.1	ESCOLHA DA LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO	95
7.2	VISUAL BASIC	95
7.3	PROGRAMAÇÃO ORIENTADA A EVENTOS	96
7.4	OBJETOS	96
7.5	MÉTODOS	98
7.6	EVENTOS	99
7.7	APLICAÇÃO EXEMPLO	99
7.8	CONTROLE MSCOMM	100
8	APLICAÇÃO REAL PARA CONTROLE DO RABBIT	101
8.1	PROGRAMA DE CONTROLE DO VEÍCULO DE VÍDEO-INSPEÇÃO	101
8.2	PROGRAMA DE CONTROLE NO RABBIT	103
9	DRIVER DOS MOTORES DE LOCOMOÇÃO	107
9.1	FUNÇÃO	107
9.2	PWM – PULSE WITH MODULATION	107
9.3	CIRCUITO DO DRIVER (DATASHEET DO L298N)	109

9.4	CIRCUITO DO DRIVER (PROJETADO)	110
9.5	ESQUEMA DE LIGAÇÃO	113
9.6	CIRCUITO COMPLETO PRESENTE NO VEÍCULO	114
9.7	CIRCUITO COMPLETO PRESENTE JUNTO AO OPERADOR	115
10	RESULTADOS	116
10.1	VISÃO GERAL	116
10.2	CUSTO FINAL	117
11	BIBLIOGRAFIA	118
11.1	LIVROS	118
11.2	TRABALHOS DE FORMATURA	118
11.3	APOSTILAS	118
11.4	DATASHEETS	119
11.5	CATÁLOGOS	119
11.6	INTERNET	119
ANEXO A – DESENHO TÉCNICO E CURVA DO MOTO-REDUTOR MR101-140M-PT		
		122
ANEXO B – DOCUMENTAÇÃO MECÂNICA		
		123
ANEXO C – DATASHEET DO L298N		
		128
ANEXO D – DATASHEET DO SN74HC04		
		141
ANEXO E – DATASHEET DA SÉRIE L7800		
		156
ANEXO F – ESPECIFICAÇÕES DO SERVO HS-311		
		180
ANEXO G – PROGRAMA EM C CARREGADO NO RABBIT		
		181
ANEXO H – PROGRAMA EM BASIC DA INTERFACE COM O USUÁRIO		
		185

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivações

A motivação principal da realização do projeto surgiu através de uma necessidade da empresa TECSIS (Tecnologia e Sistemas Avançados), fabricante de pás de turbinas eólicas, mostradas na figura 1.



Figura 1: Turbinas eólicas montadas em alto mar

A atual necessidade consiste na realização da inspeção da colagem da longarina principal entre os cascos das pás produzidas pela TECSIS. Através das figuras 2 e 3 é possível identificar as pás das turbinas e suas principais partes constituintes (cascos e longarinas).

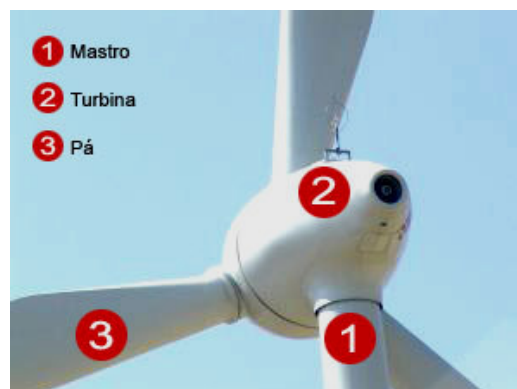


Figura 2: Partes constituintes de uma turbina eólica

Um dos modelos fabricados pela TECSIS é semelhante à ilustração em corte apresentada abaixo, onde é possível identificar as partes principais de uma pá, cascos e longarinas. A colagem a ser inspecionada é retratada na figura 3, e acontece ao longo de toda a extensão da pá.



Figura 3: Partes constituintes de uma pá

Atualmente essas inspeções são realizadas visualmente por um funcionário que entra no interior da pá, porém só é possível inspecionar até cerca de 20 metros de sua extensão, ficando cerca de outros 20 metros sem serem verificados, isso ocorre devido à dificuldade imposta pela falta de espaço para a circulação de uma pessoa.



Figura 4: Variação da dimensão ao longo do comprimento de uma pá

O diâmetro de entrada de uma pá é de 1,8 metros, chegando a cerca de 15 centímetros na extremidade oposta, como mostrado nas figuras 4 e 5.

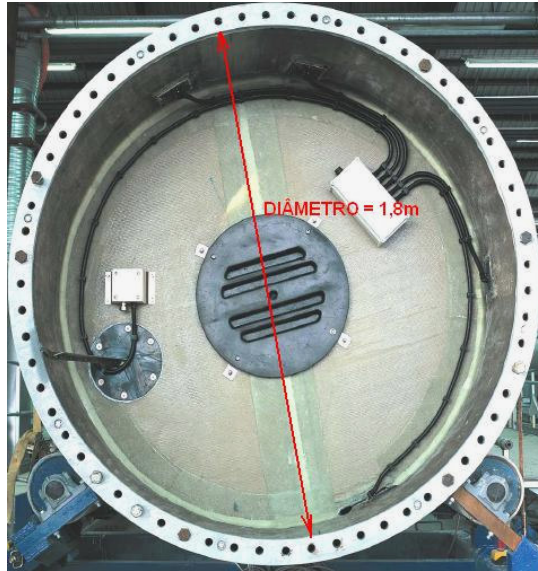


Figura 5: Diâmetro de entrada de uma pá, já tampada para montagem

A TECSIS fabrica vários modelos feitos sob encomenda pelos seus clientes, sendo que o comprimento médio delas é em torno de 40 metros, algumas chegando ao comprimento de 47 metros.

Outra motivação é o desafio imposto e a satisfação da resolução de um problema real de engenharia, o projeto contribuirá, em muito, com a formação dos integrantes do grupo.

1.2 Justificativas

O veículo será usado para inspecionar falha de colagem da longarina principal com a superfície interna da pá, fornecendo informações detalhadas do local da falha para posterior reparo.

Com essas inspeções haverá um aumento considerável na qualidade das pás, uma vez que atualmente só é inspecionada cerca de metade de seu comprimento e, com a conclusão do projeto, as pás passarão a ser totalmente inspecionadas.

Se alguma recorrência de falhas for verificada, o projeto de fabricação também poderá ser revisto e até aprimorado.

1.3 Objetivos

Construção de um veículo de vídeo-inspeção interna, operado a distância, portador de uma câmera de vídeo para captura de imagens, em tempo real, da colagem na junção da longarina principal com os cascos das pás eólicas.

As inspeções serão realizadas em solo, com a pá em posição horizontal, antes do transporte e montagem nos aerogeradores.

Analisando as imagens submetidas será possível identificar as falhas e identificar seu local de ocorrência através da posição do veículo.

As junções da longarina com os cascos são representadas nas figuras 6 e 7.

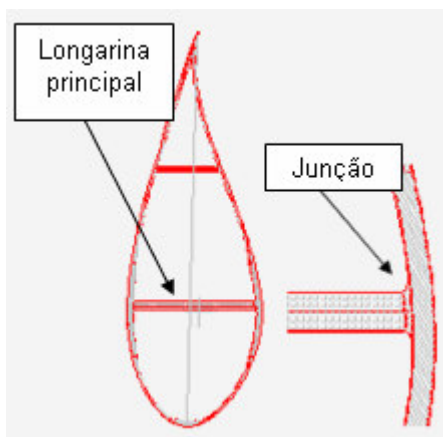


Figura 6: Junção em um modelo A de pá

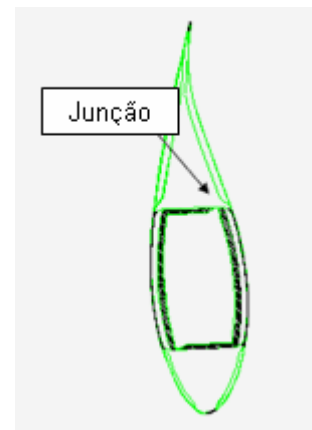


Figura 7: Junção em um modelo B de pá

Nas figuras 8 e 9 podem ser verificadas fotos reais de pás, semelhantes às que serão inspecionadas após a conclusão do trabalho.



Figura 8: Pá modelo A



Figura 9: Pá modelo B

Um protótipo deverá ser construído, sendo que o projeto e o dimensionamento de todas as partes, produzidas ou adquiridas, deverão ser minuciosamente documentados para possibilitar reprodução posterior do projeto. Será necessário realizar a geração dos desenhos de fabricação referente a todas as peças projetadas.

Deverão também ser totalmente detalhadas e documentadas as configurações realizadas no kit de desenvolvimento, a ser apresentado mais a frente, configurações de computador, para efeito de comunicação com o kit, assim como a parte de software criada para o controle do veículo.

Deverá ser realizado o projeto do sistema de iluminação, caso necessário, para possibilitar uma visualização eficiente das falhas de colagem por parte do operador nas partes de baixa iluminação das pás.

O veículo deverá percorrer toda a extensão das pás eólicas, porém realizando a inspeção visual somente a partir do marco de 20 metros, que é onde a inspeção visual humana não consegue mais avançar devido a problemas de espaço e locomoção.

Um perfil de uma pá eólica semelhante à que será inspecionada é representado na figura 10.

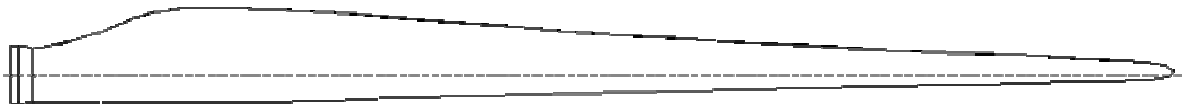


Figura 10: Perfil de uma pá de turbina eólica modelo A

Também como premissas do projeto foi especificado uma altura mínima entre o chassi do veículo e a longarina (será detalhada mais a frente), um custo máximo para o projeto, prazo de entrega e uma consideração de que a qualidade de captura de imagens deveria ser a melhor possível.

2 ATIVIDADES REALIZADAS

Primeiramente houve uma reunião, realizada na Escola Politécnica em 21 de março de 2007, com engenheiros e representantes da TECSIS. Nesta reunião, o engenheiro Caio Teruo Hideshima realizou uma apresentação pessoal de todos os envolvidos no projeto assim como uma apresentação histórica e conceitual da empresa.

Foi demonstrada a necessidade da empresa, detalhando requerimentos funcionais e restrições de projeto, tais como dimensões máximas permitidas e objetivos de funcionamento.

As dimensões máximas permitidas são: 15 cm de largura e 15 cm de altura, não tendo restrições para o comprimento.

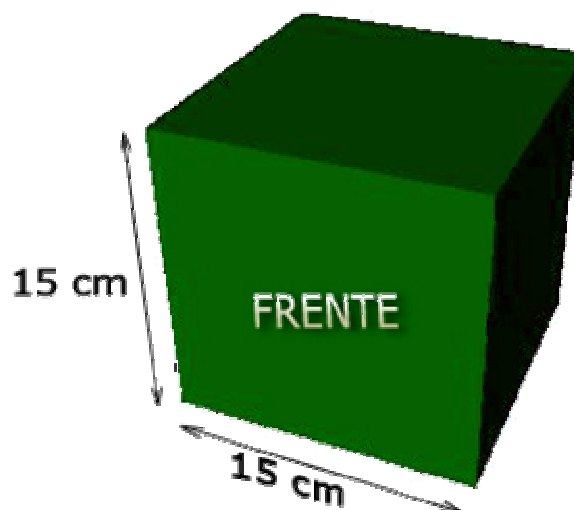


Figura 11: Dimensões máximas permitidas

Também foram estabelecidos entre as partes os modos de relacionamentos com relação a custos e reembolsos, para aquisições inferiores a R\$200,00 seríamos reembolsados e para aquisições de valor superior deveríamos enviar a proposta de compra para ser realizada diretamente pela TECSIS.

Com base em todos os requerimentos apresentados foi montada uma apresentação inicial da solução proposta e apresentada na empresa TECSIS para os responsáveis pelo projeto, o prazo estipulado para a elaboração dessa proposta foi de 3 semanas a partir da data de apresentação inicial.

Em 10 de abril de 2007 foi realizada a visita à TECSIS, situada em Sorocaba, para realização da apresentação da solução proposta. Essa solução contemplou

projeto mecânico, projeto eletrônico, projeto de controle, projeto de aquisição de imagens, interfaces de integração mecânica com eletrônica, interface de interação usuário-veículo, cronograma inicial tentativo e estimativa de custos, sendo aprovada para realização.

Com esta aprovação o projeto pode ser iniciado. Inúmeras alterações na proposta inicial foram realizadas buscando-se obter a melhor solução, no entanto sempre dentro do prazo, premissas e do orçamento previamente estipulados.

3 PROJETO MECÂNICO

3.1 *Seleção e dimensionamento dos componentes mecânicos*

Nas seções a seguir serão apresentados os dimensionamentos realizados para os motores de locomoção, polias, correias, rolamentos e outros itens mecânicos.

Também serão expostas as seleções dos materiais, tais como chapa de alumínio para os chassis e barras metálicas para os eixos.

Contudo, para que fosse possível iniciar o dimensionamento dos sistemas mecânicos do veículo, algumas considerações e valores iniciais deveriam adotados, pois mesmo que fossem dados estimados, eles seriam essenciais para o desenvolvimento do projeto, possibilitando estudo detalhado de alguns subsistemas, que sem essas informações não seria possível.

Um exemplo desta necessidade de valores estimados é o peso final do veículo. Sem uma base desta informação não seria possível dimensionar os motores de locomoção do veículo, entre outras coisas. Contudo, como será verificado mais adiante, na medida em que estudos eram realizados e cores reais eram encontrados, estes substituíam os antigos.

3.1.1 Dimensionamento dos motores de locomoção

A velocidade média máxima ($\bar{v}_{\max}$) foi um dos valores que teve que ser estimado logo de início. Esta velocidade foi estipulada com base em um tempo aceitável para realizar a inspeção e ao mesmo tempo realizar uma boa interpretação das imagens capturadas.

- ✓ O comprimento de inspeção é de $\Delta s = 40m$, 20 metros na ida e 20 metros na volta.
- ✓ Tempo estimada para uma inspeção completa em velocidade máxima:
 $\Delta t = 120s = 2 \text{ min}$;
- ✓ Desta forma $\bar{v}_{\max} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{40}{120} = 0,333 \frac{m}{s}$
- ✓ Como a câmera tem uma taxa de captura de imagens de 30 fps (quadros por segundo) serão capturadas imagens a cada:

$$✓ \quad \frac{fps}{\bar{v}_{\max}} = \frac{30 \text{ quadros/s}}{0,333 \text{ m/s}} = 90 \text{ quadros/m}, \text{ ou seja, 1 quadro a cada } 1,11 \text{ cm}$$

Este intervalo de captura de imagens foi considerado aceitável.

Para se obter um dimensionamento inicial dos motores temos:

- ✓ Inclinação máxima da pá durante o percurso: $\alpha = 30^\circ$.
- ✓ Aceleração desejada: $a = 0,4 \text{ m/s}^2$, atingindo, assim, velocidade máxima em cerca de $0,8 \text{ s}$.
- ✓ Raio da polia acoplada a o motor: $r_{\text{polia}} = 0,058 \text{ m}$.
- ✓ Massa total do veículo: $m_{\text{total}} = 4 \text{ kg}$.

A rotação que será imposta à polia é dada por $v = \omega \cdot r$, então obtém-se

$$\omega = 5,74 \frac{\text{rd}}{\text{s}} \text{ e a rotação de saída será de } 54,83 \text{ rpm}.$$

O modelo utilizado para o dimensionamento é apresentado na imagem a seguir.

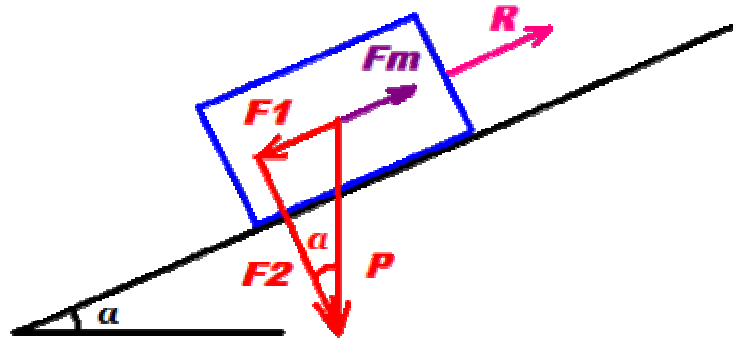


Figura 12: Modelo para o dimensionamento dos motores

Onde:

F_m : Força requerida no motor;

P : Peso do veículo;

F_1 : Componente do peso na direção do deslocamento;

F_2 : Componente do peso na direção perpendicular ao deslocamento;

R : Resultante das forças;

α : Inclinação máxima ao longo da pá.

Peso do veículo:

$$P = g \cdot m_{total}, \quad g = 9,8 \frac{m}{s^2}, \quad \text{portanto } P = 39,2N$$

Resultante das forças na direção do deslocamento:

$$R = m_{total} \cdot a = 4 \cdot 0,4 = 1,6N$$

Componente do peso na direção do deslocamento:

$$F1 = P \cdot \sin(\alpha) = 39,2 \cdot \sin(30^\circ) = 39,2 \cdot 0,5 = 19,6N$$

Força requerida dos motores:

$$Fm = R + F1 = 1,6 + 19,6 = 21,2N$$

Torque requerido dos motores:

$$Tm = Fm \cdot r_{polia} = 21,2 \cdot 0,058 = 1,2N \cdot m = 12,3kgf \cdot cm$$

Potência requerida dos motores:

$$Pot_{motor} = Tm \cdot \frac{\bar{v}_{max}}{r_{polia}} = 1,2 \cdot \frac{0,333}{0,058} = 7,1W$$

Os resultados obtidos acima são aplicados distribuídos em dois motores, porém como usaremos um fator de segurança ($FS = 2$) tudo se passa como se todo o dimensionamento ocorresse para um único motor.

Algumas dessas considerações foram modificadas com o andamento do projeto, no entanto os resultados obtidos acima foram muito úteis para o dimensionamento dos motores. Mais adiante os cálculos com os dados finais serão apresentados.

3.1.2 Motores de locomoção

Por este ser um importante ponto do trabalho, dedicou-se especial atenção à sua especificação.

Inicialmente foi idealizado um projeto que utilizaria servo-motores, o veículo seria movido por tração traseira utilizando um servo motor adaptado para rotação contínua. A direção seria realizada por um mecanismo acionado por um outro servo, sendo este agora de posição. Contudo como os servo-motores encontrados no mercado não satisfaziam as premissas e não possuíam o torque necessário, a idéia de servos-motores foi abandonada.

Em seguida foram levantadas algumas outras alternativas de atuadores: motores elétricos CC, motores de passo e motores sem escovas (brushless).

Os motores brushless apresentaram como grande problema o seu alto custo, o que inviabilizaria o projeto. Os motores de passo foram logo descartados pois possuem elevado peso e alto consumo de energia.

Assim, restou-se utilizar motores de corrente contínua com escovas.

Este tipo de motor possui desvantagens como rotação muito elevada, torque reduzido, ruído e vida útil não muito longa (devido ao desgaste da escova). No entanto se mostrou o mais adequado uma vez que permite uma grande redução no custo, economia de peso, por ser compacto e por ser de fácil controle, como será apresentado mais adiante. O problema de torque e rotação poderia ser contornado com a instalação de uma redução.

Pela seção anterior obteve-se que o motor deveria possuir características próximas a:

- ✓ Torque de acionamento: 12,3 Kgf.cm
- ✓ Rotação após redução: aproximadamente 54,83 rpm

Desta forma, uma excelente opção encontrada no mercado nacional foi o motorreductor MR101-140M-PT, fabricado pela Actionmotors, que atende aos requisitos de torque e potência, e está ilustrado na figura 14.



Figura 13: Moto-reductor MR101-140M-PT

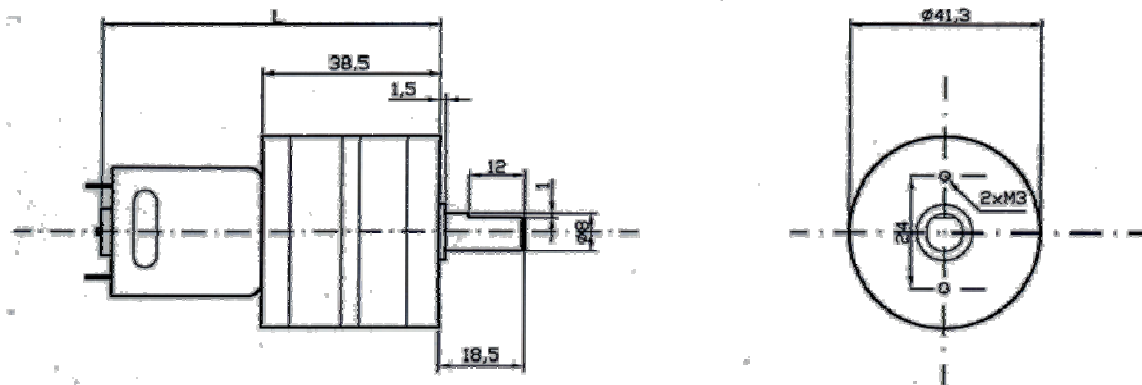


Figura 14: Desenho do moto-reductor MR101-140M-PT

No Anexo A pode ser visualizada a curva do moto-reductor fornecida pelo fabricante.

3.1.3 Seleção das polias e correias

O dimensionamento das polias e correias de movimentação do projeto foi norteado de acordo com uma restrição. Todas as pás produzidas pela empresa possuem um pára-raios em toda sua extensão. Este pára-raios é instalado na longarina através de parafusos de fixação que possuem uma altura de aproximadamente 42mm.

Tais dispositivos são necessários devido as usinas serem extremamente altas por e operarem sempre em regiões descampadas. Um raio que atingisse uma pá danificaria toda a sua estrutura, assim como o gerador.

Foi considerado então, como premissa de projeto, que deveria existir no mínimo um vão de 45mm entre o chassi e a longarina, como mostrado na figura 15, para que o veículo pudesse circular livremente por toda a extensão da pá, inclusive na região próxima à ponta da pá aonde o espaço é reduzido.

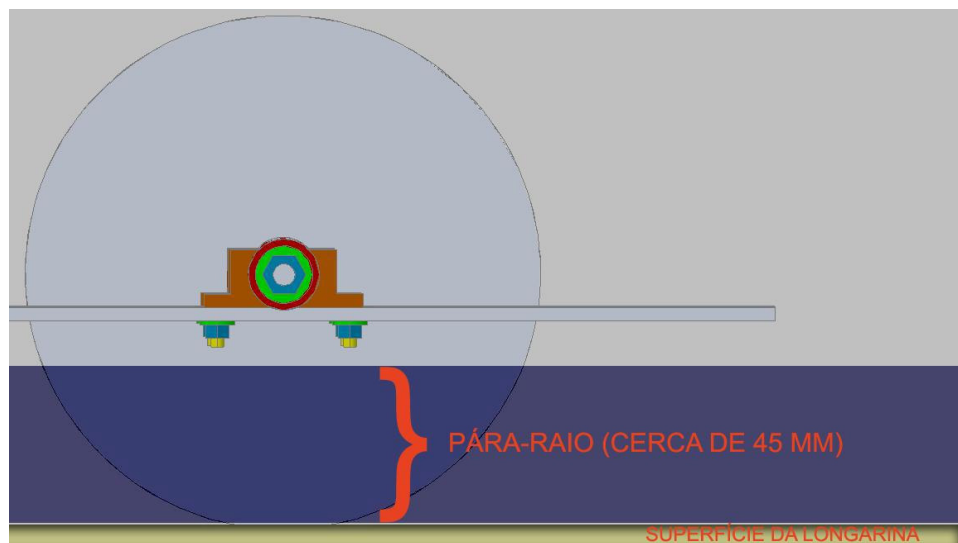


Figura 15: Vão entre o chassi e longarina devido ao pára-raios

Com isso restou apenas um espaço de 105mm para todo o corpo do veículo, que inclui bateria, câmera, placas de controle, driver, chassi, motores, transmissão, etc. Este espaço reduzido se mostrou como uma das maiores restrições do projeto.

Desta forma, somando todas as dimensões chegou-se à conclusão que toda a área disponível seria utilizada, com isso o conjunto polia mais correia deveria possuir 150 mm de diâmetro externo.

3.1.4 Polias

3.1.4.1 Diretrizes gerais de projeto

O que norteou o projeto das polias foi que as mesmas possuísem:

- ✓ Capacidade de locomover o robô;
- ✓ Baixo custo de construção;
- ✓ Baixo peso, a fim de diminuir o peso global do equipamento;
- ✓ Bom coeficiente de atrito com borracha, a fim de transmitir torque suficiente para as correias e permitir a locomoção do robô.
- ✓ Rigidez elevada

3.1.4.2 Seleção de materiais

Inicialmente, o material mais adequado à fabricação das polias pareceu ser o alumínio, dada à baixa densidade deste metal (comparativamente ao aço, por exemplo), assim como a sua grande resistência a corrosão. Por questões de custo e também devido ao fato da densidade do alumínio ser mais que o dobro da densidade de alguns polímeros, o que representaria um acréscimo considerável de peso ao veículo, a utilização deste material foi descartado, em detrimento de outro com propriedades muito mais interessantes, que é o Nylon Extrudado.

O nylon é um polímero que apresenta características muito importantes para este projeto, como elevada resistência à abrasão, ótima usinabilidade e baixa densidade, como pode-se verificar na tabela a seguir:

Tabela 1: Densidades dos materiais

Material	Densidade (g/cm³)
Aços	7,3 – 7,9
Alumínios	2,6 – 2,9
Titânios	4,4 – 4,9
Acrílico – PMMA	1,1 – 1,2
PVC	1,3 – 1,5
Nylon	1,1 – 1,2

Além disso, o nylon possui um custo por quilograma inferior ao alumínio (no mercado, o nylon é vendido por aproximadamente R\$19,00/kg, enquanto que o alumínio é vendido a R\$21,80), o que reduz o custo total do projeto.

Os desenhos de fabricação das peças projetadas foram encaminhadas para uma empresa especializadas que efetuou a usinagem.

Após o recebimento, os polias sofreram um processo de alívio de massa, a fim de diminuir a inércia do total do veículo. A estratégia utilizada foi realizar furos distribuídos no corpo das polias. Sendo assim, os resultados obtidos foram os seguintes:

Tabela 2: Tabela de redução de peso das polias

Polia	Massa inicial	Massa final
Dianteira	129	102
Traseira	112	96

No total, houve uma economia de 86g na massa do equipamento, 18% em peso.

3.1.5 Geometria final das peças

Imagens dos modelos sólidos gerados em CAD encontram-se na figura 16:

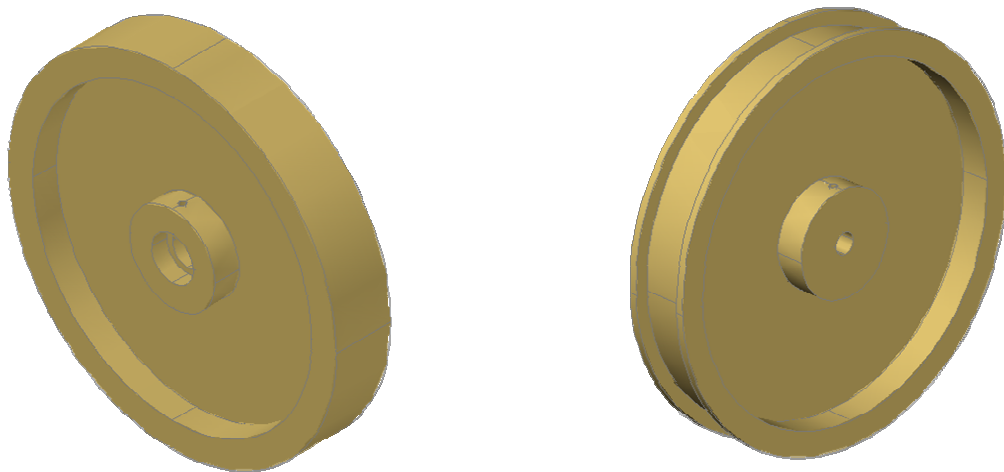


Figura 16: Polias dianteira e traseira

Para o protótipo, serão utilizadas quatro polias com diâmetro 150 mm para o sistema de locomoção.

3.1.6 Correias

Inicialmente foi pensado em se fazer o sistema de locomoção do veículo através de esteiras dentadas, que ligariam polias traseiras com as dianteiras, como pode ser visualizado na figura 17.



Figura 17: Sistema de locomoção inicial

Contudo por se tratar de uma configuração que iria locomover o veículo de forma análoga a um tanque e gerar muito atrito, esta idéia foi descartada pois aplicaria muitos esforços nos componentes mecânicos quando o veículo efetuasse uma curva. Os esforços seriam altos toda vez que os motorreduzores estivessem com velocidades diferentes, o que seria muito comum em sua aplicação.

Portanto optou-se pela aplicação de uma correia dentada apenas na polia de tração, a traseira. Com isso toda vez que se desejasse alterar a direção do veículo as polias traseiras iriam mover-se em sentidos opostos, fazendo com que as polias dianteiras deslizasse sobre a longarina. O que ocorreria sem muito esforço graças ao baixo coeficiente de atrito entre o nylon e a fibra de vidro.

O esquema utilizado pode ser visualizado na figura 18. Destaca-se que o conjunto correia mais polia traseira deveria possuir o mesmo diâmetro externo da polia dianteira.

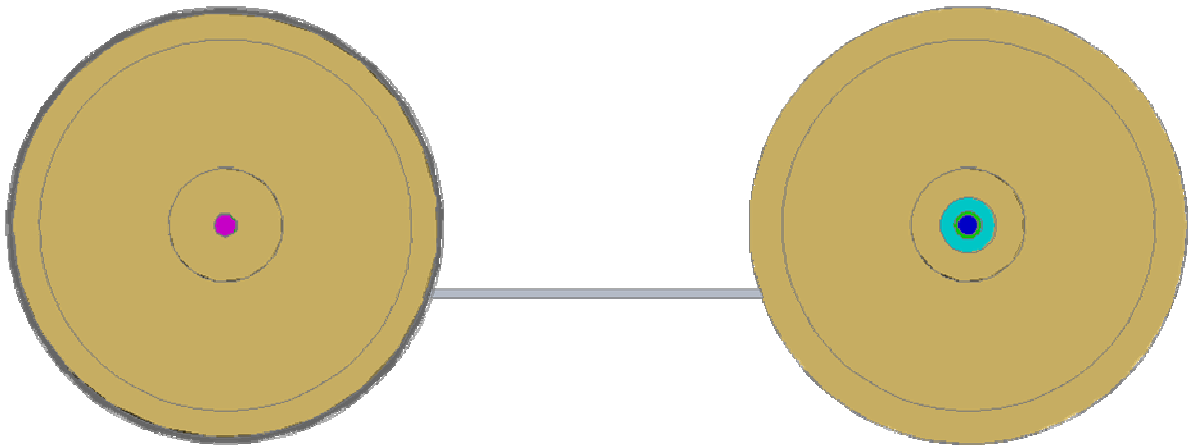


Figura 18: Sistema de locomoção atual

Para chegar-se a uma correia correspondente a polia traseira, apresentada anteriormente, buscou-se no catálogo da empresa Schineider uma correia que possui-se um comprimento externo da circunferência dado por:

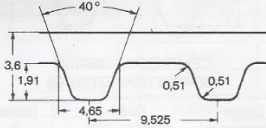
$$C = 2 \times \pi \times r = 2 \times \pi \times 0,075 = 0,471m$$

Encontrou-se a seguinte opção destacada na figura 19, reproduzida do catálogo da empresa.



Correias Sincronizadoras em Borracha com Cordonéis em Fibra de Vidro L

Passo 3/8" (9,525 mm) (L) – Serviço Leve



**CENTRO DOS DENTES
DENTES TRAPEZOIDAIS**

Código de Comprimento	Comprimento Primitivo Circunferência		Número de Dentes
	Polegadas	Milímetros	
109 L	10,88	276,23	29,00
124 L	12,4	314,33	33,00
135 L	13,50	342,90	36,00
150 L	15,00	381,00	40,00
165 L	16,50	419,10	44,00
169 L	16,88	428,63	45,00
173 L	17,25	438,15	46,00
187 L	18,75	476,25	50,00
202 L	20,25	514,35	54,00
210 L	21,00	533,40	56,00
225 L	22,50	571,50	60,00
232 L	23,25	590,55	62,00
236 L	23,63	600,08	63,00
240 L	24,00	609,60	64,00
244 L	24,38	619,13	65,00
255 L	25,50	647,70	68,00
263 L	26,25	666,75	70,00
270 L	27,00	685,80	72,00
277 L	27,75	704,85	74,00

**CENTRO DOS DENTES
DENTES TRAPEZOIDAIS**

Código de Comprimento	Comprimento Primitivo Circunferência		Número de Dentes
	Polegadas	Milímetros	
285 L	28,50	723,90	76,00
300 L	30,00	762,00	80,00
322 L	32,25	819,15	86,00
345 L	34,50	876,30	92,00
360 L	36,00	914,40	96
367 L	36,75	933,45	98,00
375 L	37,50	952,50	100,00
390 L	39,00	990,60	104,00
405 L	40,50	1.028,70	108,00
412 L	41,25	1.047,75	110,00
420 L	42,00	1.066,80	112,00
435 L	43,50	1.104,9	116
450 L	45,00	1.143,00	120,00
454 L	45,38	1.152,53	121,00
480 L	48,00	1.219,20	128,00
510 L	51,00	1.295,40	136,00
540 L	54,00	1.371,60	144,00
600 L	60,00	1.524,00	160,00
640 L	63,75	1.619,25	170,00
660 L	66,00	1.676,40	176,00

Código de Larguras

050	075	100
1/2 Pol.	3/4 Pol.	1" Pol.
ou 12,7mm	ou 19,05mm	ou 25,4mm

Possível outras larguras

Ex.: 240 L 050

↓ ↓ ↓

24 polegadas passo 9,525mm largura de 1/2 de polegadas

Também disponível em PU/Aço. Página
Também disponível no sistema duplo dente. Pág. 28
Geometria dos dentes não são compatíveis com T10 e AT10.
Temperatura no local da transmissão de -30° até 70°C
Veja folhas página 57.

Correias Schneider Ltda.
Rua Florêncio de Abreu, 647 (Metrô Luz) – CEP 01029-001 – São Paulo – SP – Fones: (11) 3326-3955 / 3315-0777 – Fax: (11) 3313-3258
www.correias.com.br

Figura 19: Correias disponíveis do fabricante Correias Schneider

Portanto, o modelo escolhido de correia foi o 187L, fornecidos pelo fabricante Correias Schneider Ltda.

Como o ambiente de trabalho em que o veículo irá operar apresenta bastante poeira e pó de fibra de vidro, um outro parâmetro de decisão muito importante é a escolha do tipo de vedação do rolamento. Optou-se pelo tipo VV (vedado sem contato) pois possui uma vedação muito boa e uma perda de potencia muito reduzida. As suas características são encontradas na figura 21, reproduzida do catálogo da NSK.

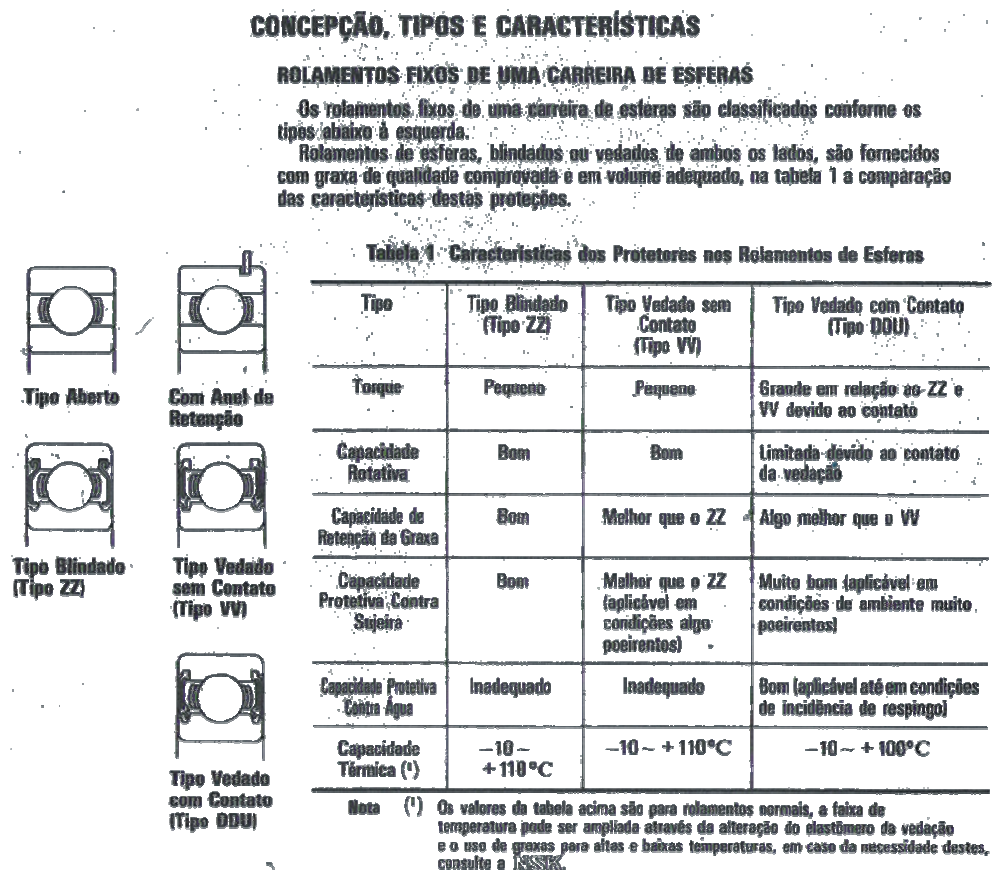


Figura 21: Tipos de rolamentos fixos de uma carreira de esferas

A capacidade de carga que os rolamentos selecionados suportam pode ser visualizada na figura 20, aonde na tabela podem ser observados os valores C_r e C_o .

C_r é índice de capacidade de carga radial básica que o mancal suporta. Pode-se verificado que todos os valores estão acima de 455N, enquanto que o peso do veículo está por volta de 40N.

No projeto os rolamentos também estarão sujeitos à carga axial, pelo catálogo verifica-se que rolamentos rígidos de esferas não devem ser submetidos a uma carga axial superior a $0,5 C_o$. Como o menor valor para este índice é de 201N e os

moto-redutores não possuem torque suficiente para exercer tal força, este parâmetro também não será restritivo.

Pode-se verificar que o limite de rotação (rpm) também está muito acima da aplicação deste projeto.

Portanto um desenho esquemático dos rolamentos escolhidos que satisfazem a todas as restrições está representado na figura abaixo e apresentam as seguintes dimensões:

$$\phi D = 19mm, B_1 = 6mm, \phi d = 7mm$$

$$\phi D = 19mm, B_1 = 6mm, \phi d = 8mm$$

$$\phi D = 12mm, B_1 = 3,5mm, \phi d = 8mm$$

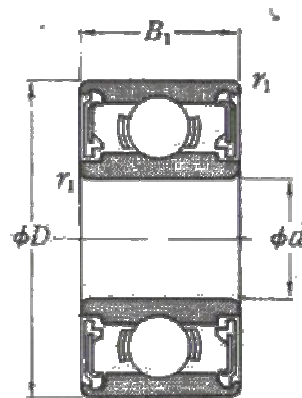


Figura 22: Dimensões principais de um rolamento blindado (tipo VV - NSK)

Para se obter o valor da vida nominal dos rolamentos pode-se utilizar a relação mostrada na figura 23, também reproduzida do catálogo da NSK.

Entre a capacidade de carga básica, a carga no rolamento e a vida nominal há a seguinte relação:

$$\text{Rolamento de Esferas} \quad L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \dots\dots\dots (5.1)$$

$$\text{Rolamento de Rolos} \quad L = \left(\frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}} \dots\dots\dots (5.2)$$

Onde L : Vida nominal (10^6 rev.)

P : Carga no rolamento (equivalente) (N), { kgf }

.....referência na página A30

C : Capacidade de carga básica dinâmica (N), { kgf }

Indicado como: C_r no rolamento radial e

C_a no rolamento axial

Figura 23: Relação fornecida pelo fabricante NSK

Mesmo aplicando-se todo o peso do veículo no mancal mais crítico ($\phi d = 7mm$), através da relação obtemos $L = 1,5 \times 10^9$ revoluções. Como o veículo percorre 40 metros em uma inspeção e cada polia deve realizar aproximadamente 91 revoluções, temos que a vida nominal dos rolamentos ultrapassa as 10^7 inspeções, que está muito acima da vida nominal esperada do projeto. Com isso conclui-se que os rolamentos especificados são adequados para este projeto.

3.1.8 Seleção dos rolamentos

Para a confecção do chassis foi utilizada uma chapa de alumínio com espessura de 3 mm. O alumínio foi escolhido devido suas qualidades de resistência e peso consideradas satisfatórias para o projeto, assim como sua elevada resistência a corrosão.

Os eixos das polias serão usinado em aço AISI 420, um aço inox com boa resistência mecânica, boa ductilidade e resistência à corrosão, apresentando enxofre e selênio em sua composição que melhoram a usinabilidade.

3.2 Sistema de transmissão

3.2.1 Estudo da transmissão

Como foi dito anteriormente uma das premissas do projeto é a largura máxima de 15 cm do veículo. Esta restrição foi particularmente difícil de ser contornada dado que as polias de movimentação já ocupam 5cm desta dimensão e no espaço restante devem ser instalados os motores de tração.

Inicialmente buscou-se um fabricante que produzi-se motores de pequenas proporções, de forma que fosse possível conectá-los diretamente às polias, ou seja, os motores ficariam alocados na direção da largura do veículo. No entanto não foram encontrados motores com dimensões tão reduzidas que possuísem o torque requerido pelo projeto mostrado na seção 3.1.2.

Na figura 24 pode-se ter uma idéia de como seria este tipo de instalação:

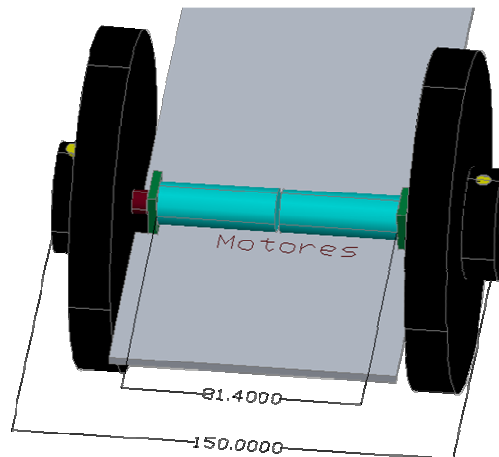


Figura 24: Instalação com motores de tração acoplados diretamente às polias

Buscou-se então dimensionar um sistema de transmissão que possibilitasse a instalação dos moto-redutores apresentados anteriormente na direção do comprimento do veículo, ou seja, formando um ângulo de 90° com o eixo central das polias.

Primeiramente pensou-se em utilizar uma par rosca sem fim para esta transmissão, contudo os pares encontrados no mercado possuíam dimensões muito elevadas, assim como relações de redução que não se adequavam ao projeto. Este tipo de transmissão possui como problema adicional sua reduzida eficiência, geralmente apresenta valores próximos de 50% ou menores.



Figura 25: Par rosca sem fim existente no mercado

Foi proposto então um sistema de transmissão por engrenagens cônicas de 90° . Este sistema permitiria que os motorredutores fossem instalados na direção do comprimento do veículo, sem comprometer muito a eficiência da transmissão do torque. As transmissões de engrenagens cônicas de pequeno porte geralmente possuem rendimentos acima de 90%.

Buscou-se também um par de engrenagens cônicas que possui-se uma redução de aproximadamente 2:1, o que adequaria a rotação de projeto à rotação de máxima eficiência do motorreductor, como veremos na próxima seção.

No mercado foram encontrados alguns fabricantes que produziam peças sob medida, para qualquer tipo de material. Encontrou-se o fabricante Walling Engrenagens De Precisão Ltda que produzia pares de engrenagens em aço sob medida e a um curto prazo de entrega, contudo esta idéia foi abandonada devido ao alto custo da usinagem.

Foi realizado então um estudo de todas as empresas que forneciam catálogos de pares de engrenagens cônicas.

Encontrou-se a empresa BakelitSul, situada em Caxias do Sul, RS.

Esta empresa realizou a usinagem das polias de locomoção descritas anteriormente e possuía o seguinte conjunto de par de engrenagens em seu catálogo:



Figura 26: Par de engrenagens cônicas

Tabela 3: dimensões em milímetros, aonde N = Número de dentes e M = módulo

Código	A	B	C	D	E	F	G	H	I	M	N
02072	20	10	17	32	23	16	6	7,8	14	2	15
02073	14	11	18	24	16	10	6	8	14	2	10

Com aplicação voltada para transmissão de movimentos em eixos perpendiculares, este par de engrenagens se mostrou bastante adequado. As dimensões e a redução estavam bastante próximas das necessárias no projeto. O seu material é a poliamida, com acabamento superficial liso que possui excelente resistência ao desgaste. Com todas estas características, aliado ao baixo custo,

optou-se pela sua aquisição. Contudo a empresa não forneceu o torque máximo que o par suportava.

Tendo em vista que o material é um polímero, antes de finalizar a compra foi feito um estudo resistência para avaliar se o par conseguiria suportar os esforços que lhe seria imposto, este estudo detalhado será apresentado na seção 3.2.3.

Um outro estudo que foi realizado antes se mostrou necessário para validar a redução do par. Este encontra-se na seção a seguir.

3.2.2 Estudo da redução

Através da curva do motorreductor e do datasheet fornecido do fabricante Actionmotors obteve-se a seguinte tabela.

Tabela 4: Tabela de especificações do motorreductor

Modelo	Tensão Vdc		Em vazio		Máximo rendimento			Máximo torque	
	Operação	A	RPM	A	RPM	A	Kgf.cm	Kgf.cm	A
MR101-140M-PT	6 – 12	12	140	0,34	101	1,68	10,2	12	1,8

Refazendo-se o dimensionamento da velocidade do veículo com as dimensões corretas das polias, obtém-se os seguintes cálculos:

Raio da polia:

$$R = 0,075m$$

Comprimento da circunferência da polia:

$$C = 2 \times \pi \times R, \text{ portanto } C = 0,471m$$

Distância total a ser percorrida:

$$D = 40m$$

Rotações necessárias para se completar o percurso:

$$N = \frac{D}{C}, \text{ portanto } N = 84,9$$

Tempo de inspeção a velocidade máxima

$$T = 2 \text{ min}$$

Rotações de projeto:

$$\varpi = \frac{N}{T}, \text{ portanto } \varpi = 42,44 \text{rpm}$$

Rotação em rendimento máximo pelo datasheet

$$\varpi_{\text{máx}} = 101 \text{rpm}$$

Redução ótima para os motorreduztores pela velocidade de projeto

$$\text{Re} = \frac{\varpi_{\text{máx}}}{\varpi}, \text{ então } \text{Re} = 2,38$$

Esta redução seria a necessária para se alcançar o máximo rendimento dos motorreduztores quando o veículo encontra-se na velocidade máxima.

Como o veículo foi projetado para mover-se sobre superfícies irregulares, podendo haver obstáculos de pequeno porte, foi feito um estudo de verificação da redução mínima que o par de engrenagens deveria possuir para que o veículo fosse capaz de superar uma subida com 25° de inclinação.

Nos cálculos, que encontram-se abaixo, foi considerada a situação em que o veículo robô está sendo movido por apenas uma das polias, situação em que, por exemplo, o mesmo está numa subida apoiado em apenas uma das partes.

Massa total do veículo:

$$m = 4 \text{kg}$$

Aceleração da gravidade:

$$g = 9,81 \text{m/s}^2$$

Peso do veículo:

$$P = m \times g, \text{ portanto } P = 39,24 \text{N}$$

Aceleração desejada para o projeto:

$$a = 0,40 \text{m/s}^2$$

Resultante das forças na direção do deslocamento:

$$R = m \times a, \text{ logo } R = 1,60 \text{N}$$

Inclinação máxima de 25° ou 0,44 radianos.

Componente da força peso na direção do deslocamento:

$$P_x = P \times \sin(25^\circ), \text{ que resulta em } P_x = 16,58 \text{N}$$

Força requerida nos motores:

$$F = P_x + R, \text{ então } F = 18,18 \text{N}$$

Raio da polia:

$$R = 0,075m$$

Torque de Projeto:

$$T = F \times R, \text{ logo } T = 1,36N \cdot m \text{ ou } T = 13,90Kgf \cdot cm$$

Torque em rendimento máximo pelo datasheet

$$T_{m\acute{a}x} = 10,20Kgf \cdot cm$$

Redução ótima para o motorreductor em uma subida

$$Re = \frac{T}{T_{m\acute{a}x}}, \text{ então } Re = 1,36$$

Esta redução seria ideal para se alcançar o máximo rendimento de um motorreductor quando o veículo encontra-se numa subida, ou vencendo um obstáculo de pequeno porte, em uma situação crítica em que apenas um dos atuadores estivesse em funcionamento.

Como a velocidade do veículo poderá ser controlada por software, como será apresentado mais adiante, e deseja-se operar os motorredutores em máxima eficiência, verificou-se que uma redução de 1:1,5 seria adequada, satisfazendo as condições mínimas para torque e velocidade, validando assim par de engrenagens cônicas apresentado anteriormente na seção 3.2.1.

3.2.3 Estudo da capacidade de carga das engrenagens

Como foi dito anteriormente, antes de efetuar a compra do par de engrenagens cônicas, deveria ser feito um estudo de resistência para avaliar se o par conseguiria suportar o esforço de torque que lhe seria imposto.

Os cálculos para validação foram realizados e encontram-se abaixo, porém foram realizados apenas para o caso dos dentes do pinhão, por ser o caso mais crítico.

3.2.3.1 Cálculo da área da base do dente

Para se dimensionar quanto uma engrenagem suporta deve-se conhecer a tensão de ruptura de seu material, assim como a área que estará sujeita ao esforço máximo.

Através da figura 27 pode-se ter uma idéia da projeção desta área.

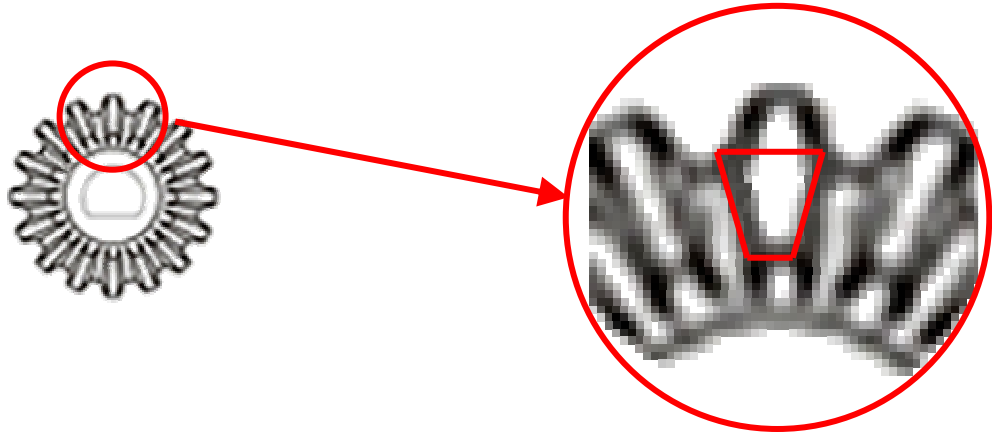


Figura 27: Projeção trapezoidal da área da base do dente do pinhão

Como pode ser verificado, a área da base do dente pode ser aproximada por uma forma trapezoidal.

Com este conhecimento mais algumas informações fornecidas pelo fabricante sobre as engrenagens pôde ser realizados os seguintes cálculos:

Comprimento do dente do pinhão:

$$h = 0,006m$$

Base maior:

$$B = 0,004m$$

Base menor:

$$b = 0,0025m$$

Como a área do trapézio é dada por:

$$A = \frac{(B+b)}{2} \cdot h, \text{ então a área da base do dente do pinhão é } A = 1,95 \cdot 10^{-5} m^2,$$

que é a região que será submetida ao maior esforço.

3.2.3.2 Verificação da resistência do dente à força imposta

Segundo o livro do Norton, Projeto de máquinas, que se encontra nas referencias, obteve-se que para algumas poliamidas a tensão de ruptura é de 50 Kpsi. A seguir estão os cálculos efetuados para se chegar a tensão na base do dente do pinhão

Raio primitivo do pinhão:

$$r = 0,0112m$$

Torque máximo no pinhão fornecido pelo motorreductor, retirado do datasheet:

$$T = 1,1776N \cdot m$$

Força máxima realizada no dente do pinhão:

$$F = \frac{T}{r}, \text{ então } F = 105,07N$$

Tensão na base do dente do pinhão:

$$\sigma = \frac{F}{A}, \text{ portanto } \sigma = 5,3882 \cdot 10^6 N/m^2$$

Como $1\text{Kpsi} = 0,144 \text{ MPa}$ e $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ temos que a tensão na base do dente do pinhão é de 37,4182 Kpsi

Este valor de tensão está bastante próximo da tensão de ruptura da poliamida apresentada anteriormente, contudo considerando que esta força máxima utilizada nos cálculos não será aplicada em apenas um dos pinhões, e na verdade estará sendo dividida entre os dois conjuntos de engrenagens, foi utilizando um coeficiente de segurança $FS = 2$, e com isso o sistema de engrenagens vendidos pela empresa BakelitSul foi considerado adequado.

3.3 Modelo em CAD

A seguir serão apresentadas algumas vistas dos subsistemas do veículo construídas no software AutoCAD 2008.

Na próxima 28 é possível ter a visão geral do projeto mecânico em CAD junto com as placas de controle, driver, câmera, motores e transmissor.

Na figura 29 é possível visualizar como ficou o projeto final

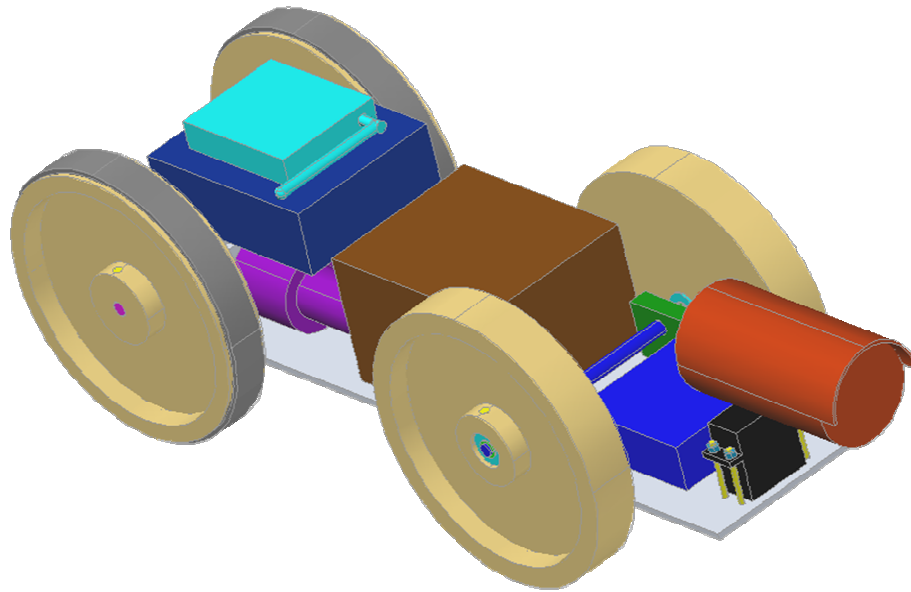


Figura 28: Visão geral do projeto mecânico

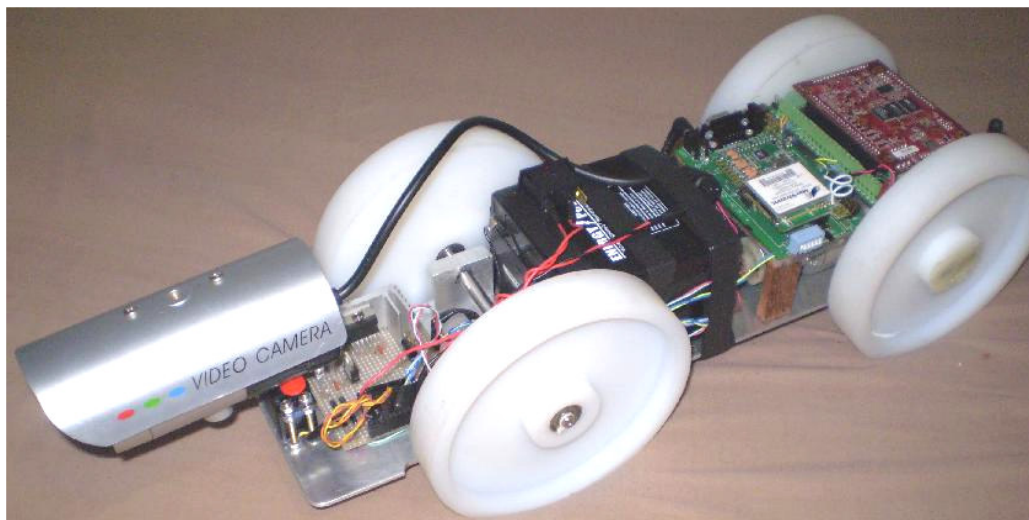


Figura 29: Visão geral do projeto mecânico

As correias descritas anteriormente estão representadas na figura 28 sem os dentes.

O veículo foi projetado para mover-se por tração traseira através de dois motor-redutores MR101-140M-PR acoplados às polias, que por sua vez são envoltas pelas correias, apresentadas anteriormente. A direção do veículo será realizada acionando-se ora um motor, ora outro. Estes motores foram fixos ao chassi por meio de um suporte confeccionado em alumínio,

Este suporte foi produzido a partir de um tarugo de alumínio usinado e perfurado conforme medidas, de forma que fosse capaz de suportar o motorreductor e o eixo da transmissão.

Neste suporte serão instalados dois rolamentos de diâmetro interno $\phi d = 8mm$ e externo de $\phi D = 12mm$ que sustentam o eixo traseiro. O suporte será preso ao chassi através de 4 parafusos M3x10 e algumas de suas vistas e o esquema de fixação motor transmissão podem ser visualizados nas figuras 30 e 31.

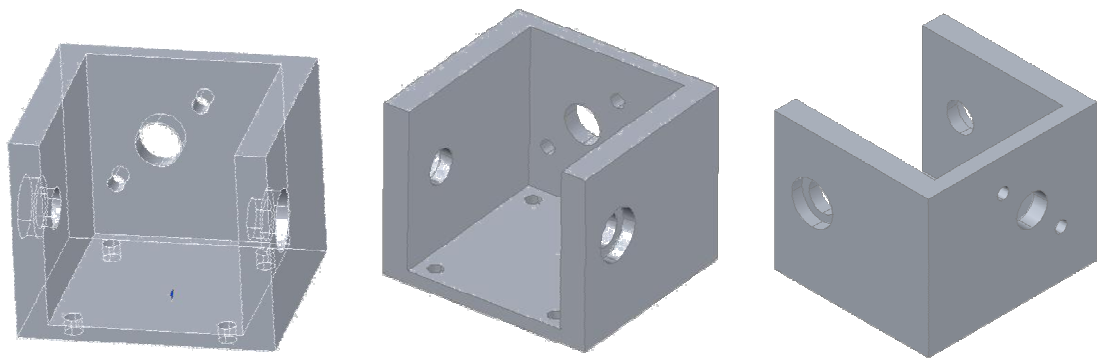


Figura 30: Vistas do Suporte de Alumínio

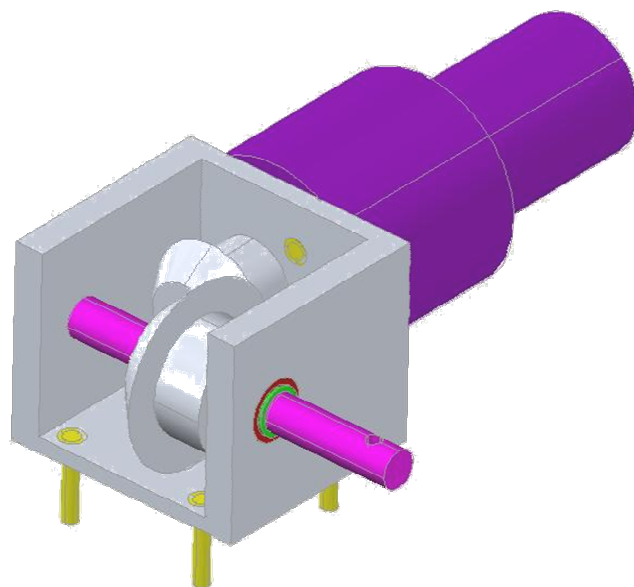


Figura 31: Esquema de fixação do motor transmissão

Na figura 31 pode ser visualizado o rolamento em vermelho e o anel de retenção em verde. O anel de retenção foi adquirido pelo fabricante TransTechnology e tem como função assegurar que os rolamentos não se desloquem sobre os eixos. Suas especificações e desenho podem ser visualizados na figura 32 e na tabela 5.

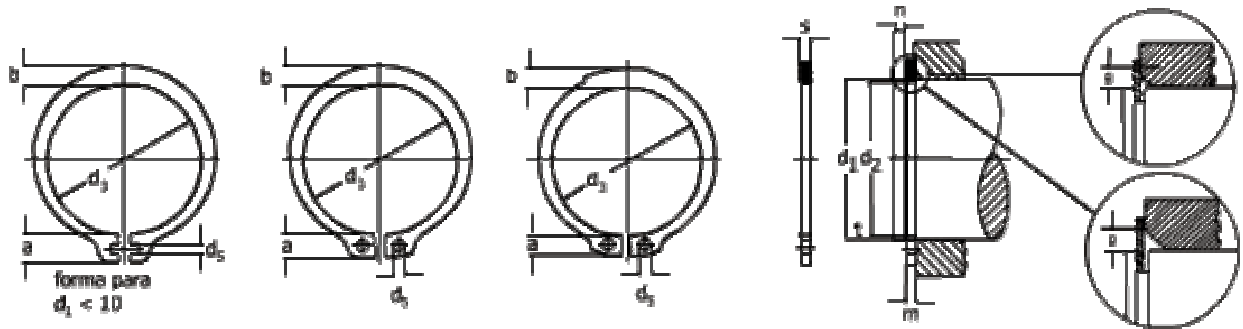


Figura 32: Desenho do Anel de retenção

Tabela 5: Especificações do anel de retenção

Código	d_1	e	d_3	tol.	a max.	b	d_5 min	Peso kg/1000	d_2	tol.	m	t
501007	7	0,80	8,5	6,5	+0,06 -0,18	3,1	1,4	1,2	0,121	6,7	-0,06	0,90

O eixo que fará a sustentação da polia traseira foi usinado em aço AISI 420 e possui dois furos transpassados, um para o parafuso de fixação deste com a engrenagem (com diâmetro de 1.5 mm) e outro parafuso de fixação deste com a polia (M3x15). Este eixo e o esquema de fixação da polia com a engrenagem podem ser visualizados na figura 33.

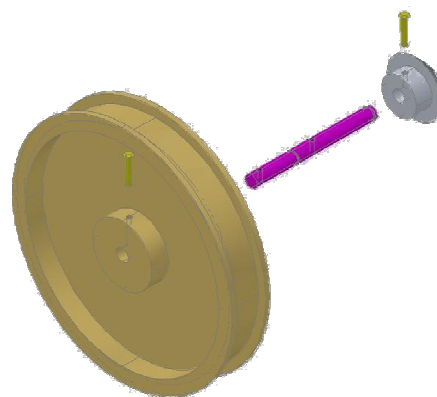


Figura 33: Esquema de fixação da polia no motor

O eixo dianteiro será suportado por mancais que serão presos ao chassis através de parafusos M3x10. As polias dianteiras serão por sua vez suportadas pelo eixo dianteiro através de dois rolamentos detalhados anteriormente. Este esquema de disposição dos rolamentos foi proposto para minimizar o jogo de movimento das polias durante a operação do veículo.

Para manter os rolamentos sempre nas posições projetadas foi utilizado anéis de retenção. Também foi proposto a usinagem do diâmetro interno das polias dianteiras para a melhor instalação dos rolamentos.

Este eixo também foi usinado em aço AISI 420.

Todo o esquema descrito pode ser visualizado nas figuras 34 e 35.

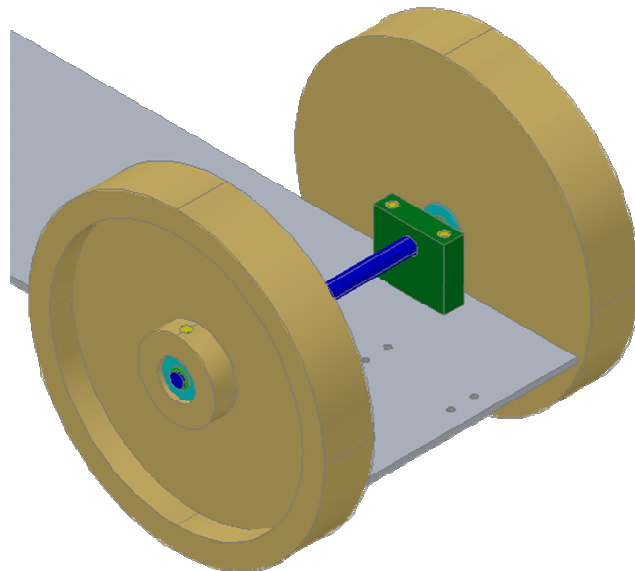


Figura 34: Esquema de instalação do eixo dianteiro

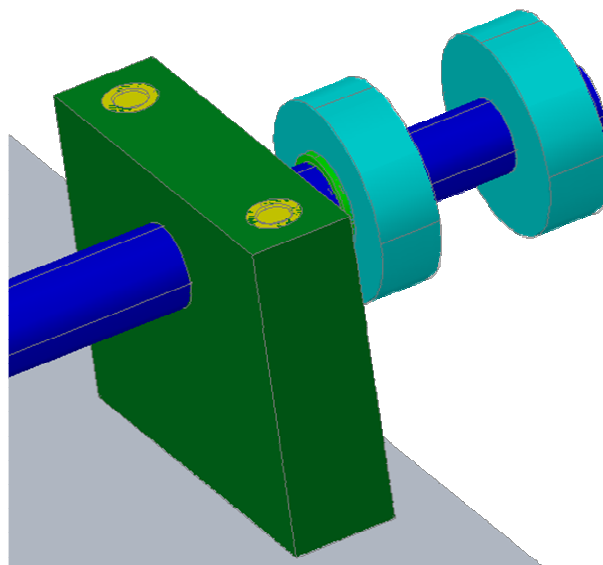


Figura 35: Esquema de disposição dos rolamentos

Uma melhor visualização do sistema de transmissão de potência através de eixos perpendiculares com engrenagens pode ser feita através da figura:36. Uma visão do sistema de transmissão final pode ser visualizada na figura 37

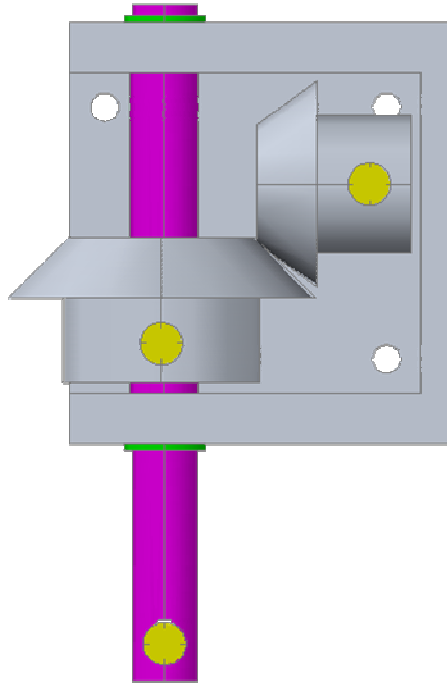


Figura 36: Vista do sistema de transmissão

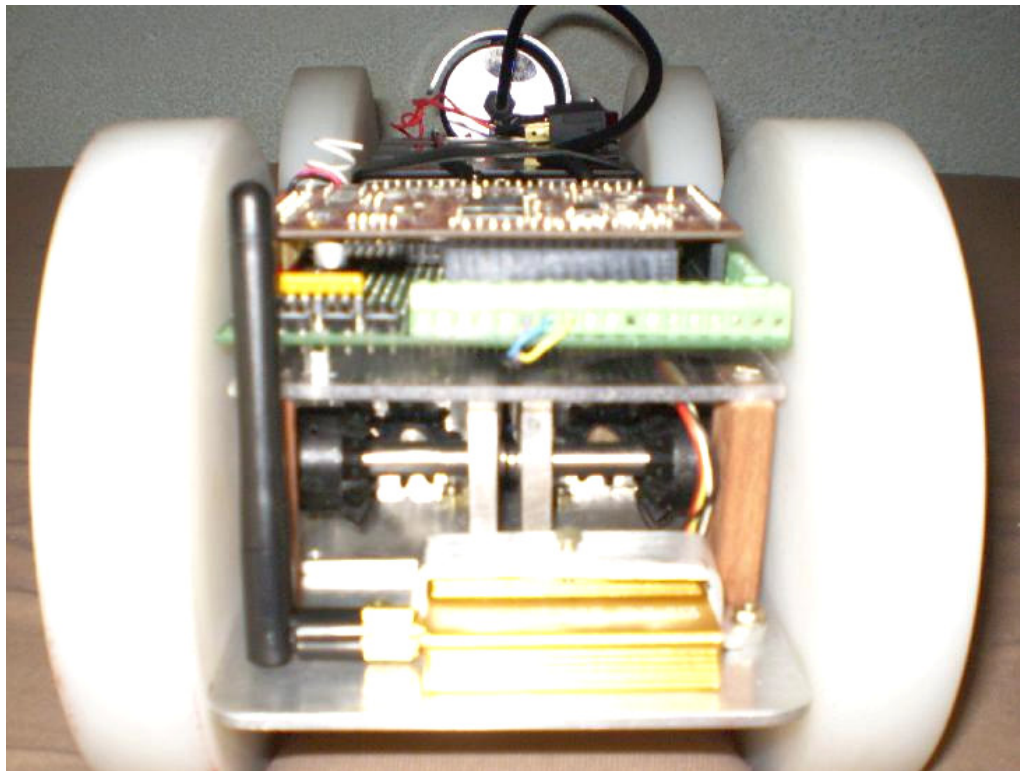


Figura 37: Sistema de transmissão final

O chassis foi fabricado a partir de uma chapa de alumínio com espessura de 3 mm, apresentando largura de 108 mm e comprimento de 395 mm. Foram realizados furos para fixação dos componentes.

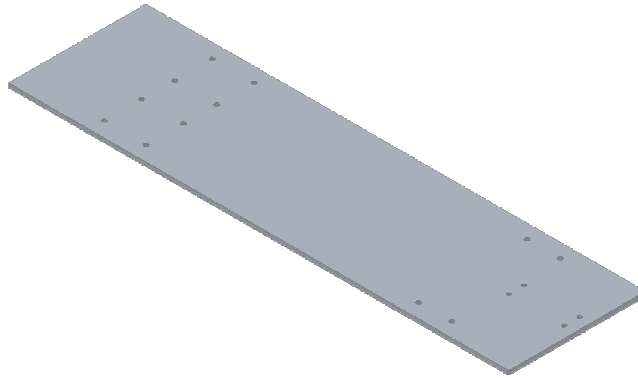


Figura 38: Chassis

A bateria foi fixada por meio de adesivos ao chassis e o driver foi fixado por meio de parafusos. As placas possuem um sistema de fixação próprio e foram instaladas em uma mesa de suporte feita em acrílico e instalada em cima dos motores. Para todas as fixações com parafusos foram realizados furos com cabeças escariadas.

A câmera foi acoplada diretamente ao servo motor, e este foi fixo ao chassis por parafusos.

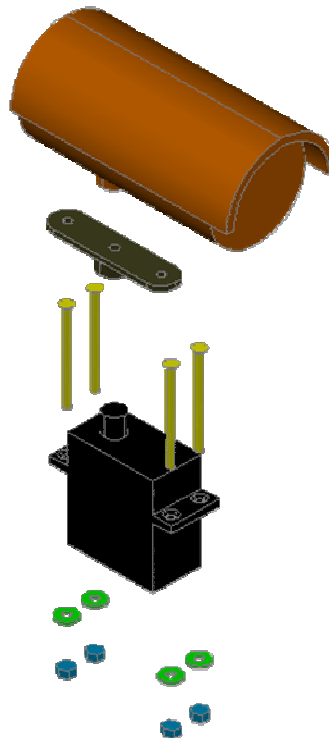


Figura 39: Fixação da câmera e servo

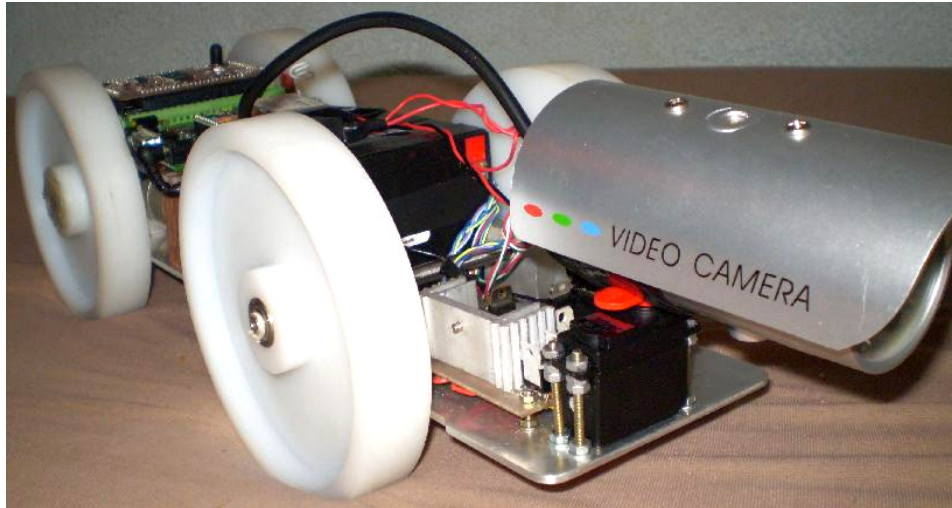


Figura 40: Visão final da instalação servo-câmera

Através da figura 41 pode-se ter uma idéia geral da disposição de cada subsistema no veículo.

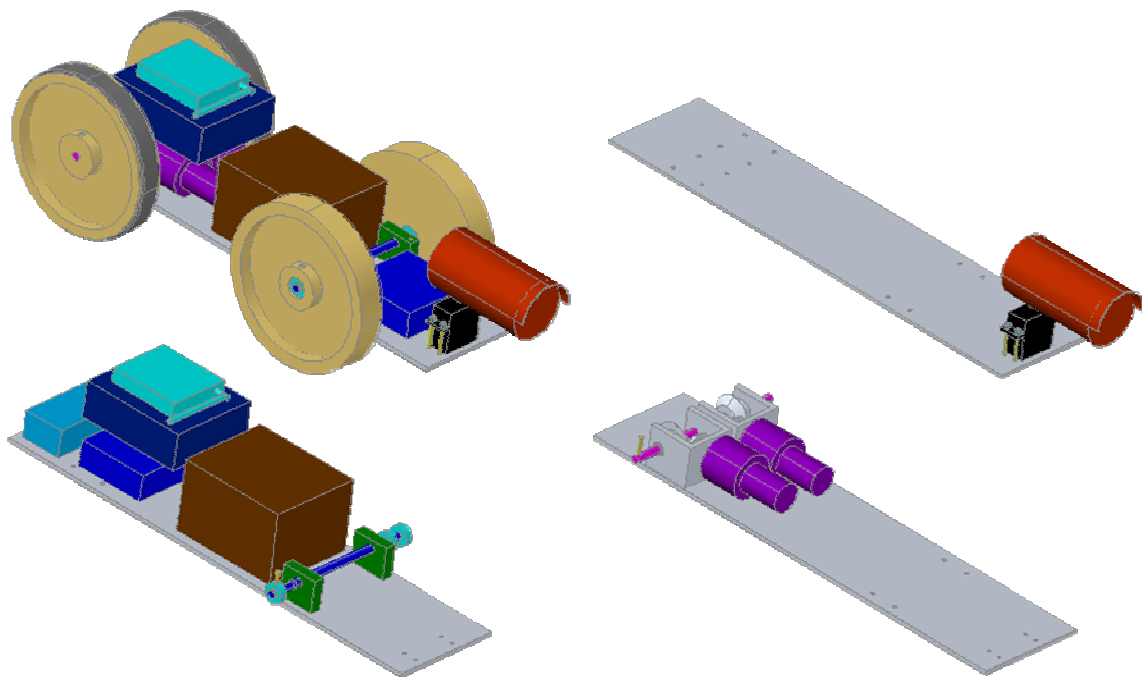


Figura 41: Subsistemas do veículo

Na figura 42 pode ser visualizada uma etapa do processo de fabricação do chassis deste protótipo.

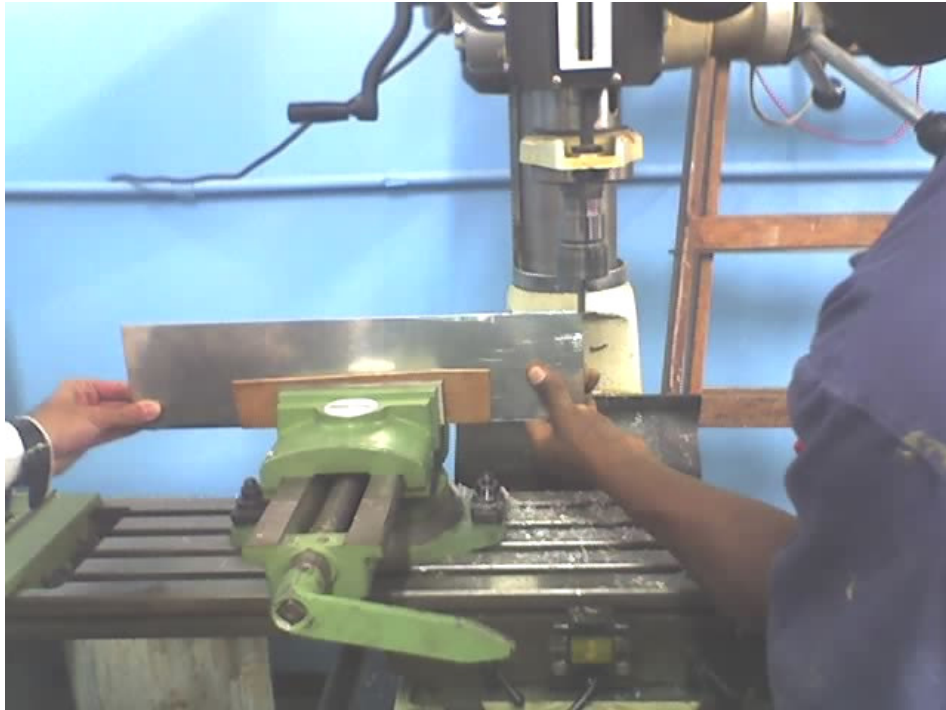


Figura 42: Etapa do processo de fabricação do chassis

3.4 Cálculo do peso do veículo

Até agora o peso estava sendo considerado como aproximado, nesta seção realizaremos os cálculos para validar o valor que estava sendo adotado.

Para o cálculo do peso aproximado do veículo serão apresentadas suas partes mais significativas.

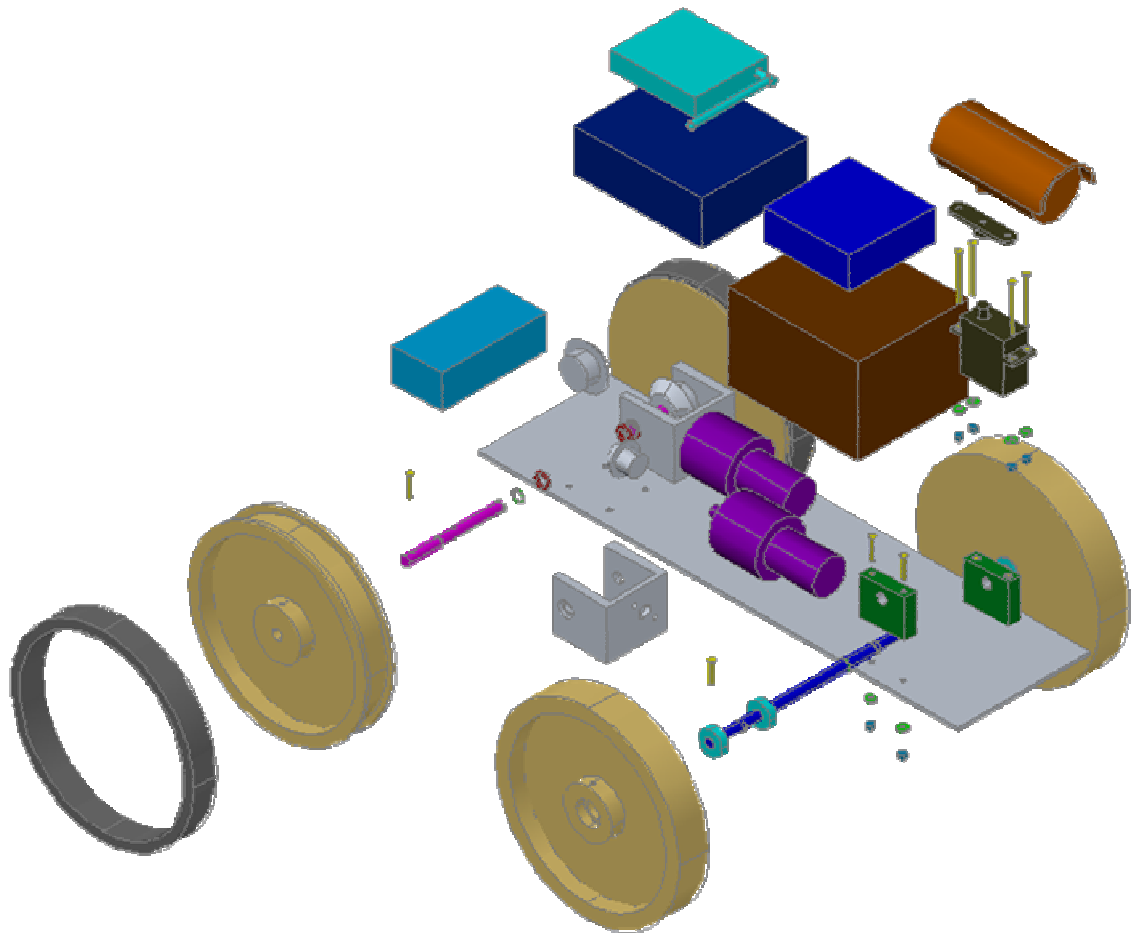


Figura 43: Partes mais significativas

1 – Eixo dianteiro fixo: 6600 mm ³ :	P = 18 g
2 – Chassis: 81600 mm ³ :	P = 220 g
3 – Mancal de rolamento:	P = 12 g x 4 = 48 g
4 – Motor	P = 82 g x 2 = 164 g
5 – Acoplador: 2256 mm ³	P = 96 g
6 – Polias:	P = 230 g x 4 = 920 g
7 – Correias	P = 50 g x 2 = 100 g
8 – Bateria	P = 1700 g x 1 = 1700 g

Demais componentes mecânicos: cerca de 100g

Câmera: 350 g

Placas: cerca de 250 g

Peso total: 3966 g

4 DIMENSIONAMENTO DA BATERIA

Para o dimensionamento da bateria foram realizados cálculos do consumo de cada componente do veículo em separado. Os resultados destes cálculos pode ser visualizado na tabela 6.

Tabela 6: Dimensionamento da bateria

Componente	Corrente (A)	Tensão (V)	Consumo em maH
Motor Motorreductor MR101-140M-PR operando em plena carga	1,8	12	1800
Motor Motorreductor MR101-140M-PR operando em plena carga	1,8	12	1800
Kit de controle	0,02	2,8	20
Câmera Ccd CHIP SONY		12	300
Servo Motor			900
Transmissor de 1000m á 2.4ghz			100
Total			4920

Tendo sido calculado o consumo total e tendo como premissa que o veículo deveria possuir autonomia de inspecionar pelo menos vinte pás completas, ou seja, operando na velocidade máxima o veículo deveria permanecer funcional por no mínimo 40 minutos, a bateria escolhida para esta aplicação deveria satisfazer seguintes condições:

- ✓ Possuir no mínimo 12 V
- ✓ Poder operar em ambientes com muito material particulado suspenso
- ✓ Fornecer 5aH ou mais
- ✓ Possuir dimensões máximas de 90mm:70mm:107mm
- ✓ Não ultrapassar os 2 kg

Pesquisou-se no mercado de baterias e foi encontrada a bateria selada Energy Power de 12V, 6mAh

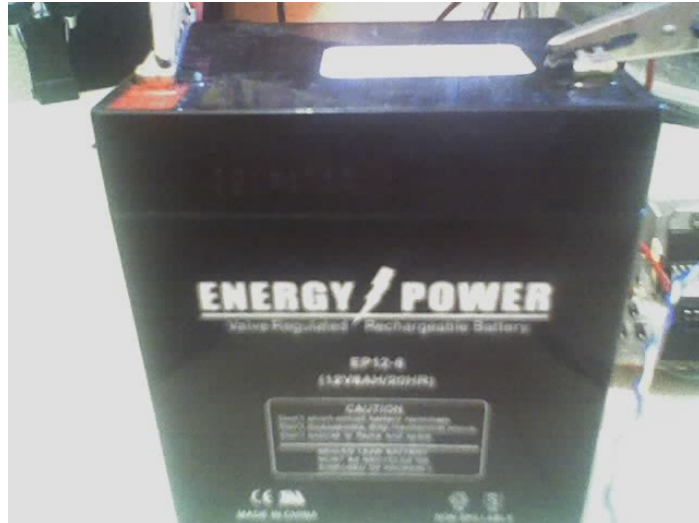


Figura 44: Bateria adquirida

5 PROJETO ELETRÔNICO / CONTROLE

O subsistema eletrônico/controle será constituído por um conjunto de placas do fabricante Rabbit Semiconductor (Wireless Control Application Kit).

5.1 Conteúdo do Wireless Control Application Kit

Os componentes do kit podem ser visualizados na figura 45.



Figura 45: Wireless Control Application Kit

Relação dos componentes do kit:

- ✓ *Dynamic C*® com toda a documentação
- ✓ LP3500 single-board computer
- ✓ Placa de prototipagem LP3500 com chaves, LEDs, e terminais rosqueados
- ✓ 2 MaxStream 900 MHz XCite™ módulos RF de transmissão de dados sem fio.
- ✓ 2 Placas de interface MaxStream RS-232/RS-485 para uso com os módulos MaxStream Xcite™.

- ✓ 3 fontes AC – uma 12 V DC, 1 A, para uso com o módulo LP3500 e a placa de prototipagem, duas 9 V DC, 400 mA para serem usadas com os módulos MaxStream 900 MHz Xcite™.
- ✓ Cabo para programação com 10 pinos e conexão DB9.
- ✓ 2 cabos seriais — um DB9F para DB9M, um DB9M para fios desencapados.
- ✓ Quatro suportes isoladores com roscas.

Os cinco CDs presentes no kit são:

- ✓ Dynamic C versão 9.52.
- ✓ Modbus versão 1.02.
- ✓ Wireless Control versão 1.0.1.
- ✓ PPP versão 3.0.1.
- ✓ Rabbit Web versão 1.0.3.



Figura 46: CDs presentes no Wireless Control Application Kit

5.2 Características da placa LP3500

A placa LP3500 da Jack Rabbit foi escolhida pelo fato de ser projetada para aplicações de baixa potência, como equipamentos portáteis movidos a baterias ou luz solar, além de possuir todas as saídas PWM que serão necessárias para o projeto.

A placa apresenta características singulares de rendimento, sua CPU opera a 7,4MHz e opera com 2,8V consumindo apenas 20mA de corrente quando está completamente funcional. Se colocada no módulo power-save consome menos de 100µA.

Funcionalidades podem ser desabilitadas quando não estiverem em uso, diminuindo ainda mais o consumo de energia.

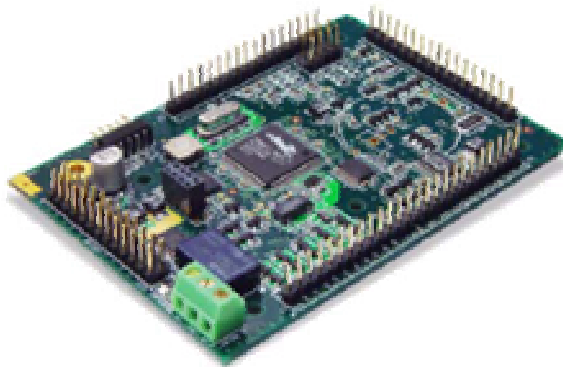


Figura 47: Placa LP3500

- ✓ Microprocessador Rabbit 3000® operando em até 7.4 MHz;
- ✓ 512K de RAM estática e 512K de memória flash;
- ✓ 26 portas digitais de I/O: 16 entradas digitais protegidas e 10 saídas digitais de alta corrente;
- ✓ 3 saídas PWM;
- ✓ 6 portas seriais;
 - 1 RS-485
 - 3 RS-232 (uma de 5 fios e uma de 3 fios ou três de 3 fios)
 - 1 interface serial de nível lógico para acessórios opcionais
 - 1 porta serial com clock assíncrono dedicada para programação
- ✓ Bateria de backup;
- ✓ Watchdog.

5.3 Conexões entre as partes constituintes

5.3.1 LP3500 e Placa de prototipagem

Primeiramente devem ser rosqueados os quatro suportes isoladores na placa LP3500 como ilustrado na figura 48.

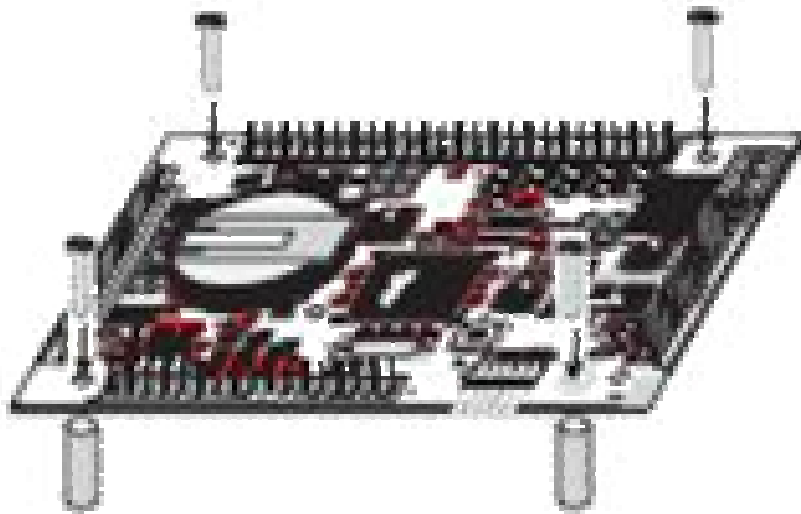


Figura 48: Fixação dos suportes isoladores na LP3500

Após esta etapa é possível acoplar a placa LP3500 na placa de prototipagem como ilustrado na figura 49.

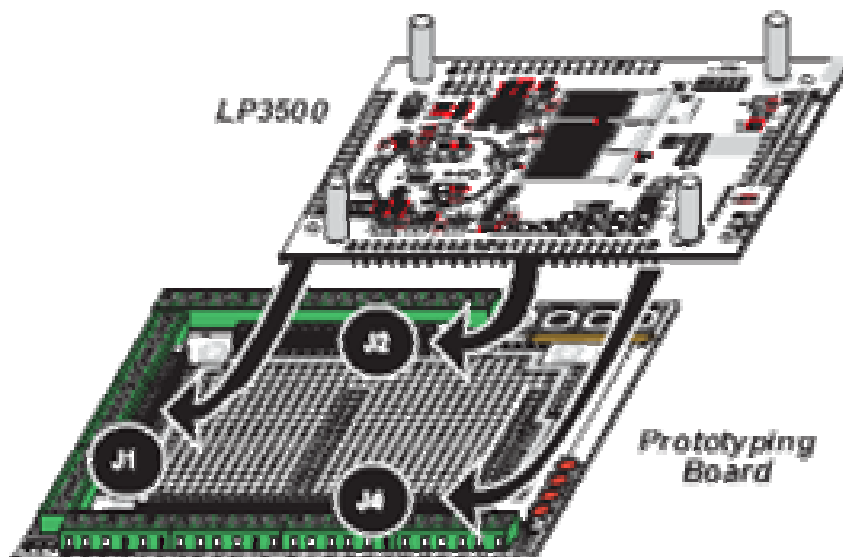


Figura 49: Acoplagem da LP3500 com a placa de prototipagem

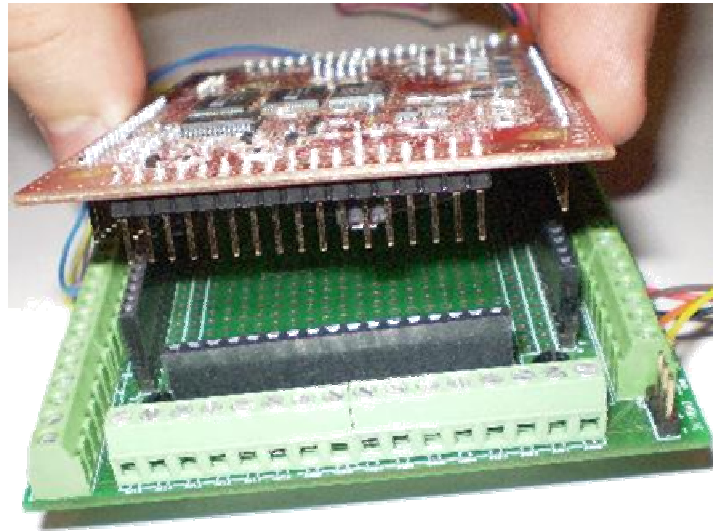


Figura 50: Acoplagem da LP3500 com a placa de prototipagem

Neste ponto o cabo para programação pode ser conectado ao kit e ligado à porta COM do PC para download dos programas via Dynamic C e monitorar a LP3500 durante o debug. Também pode ser ligada a fonte de 12 V DC, 1 A para alimentação das duas placas como ilustrado na figura 51.

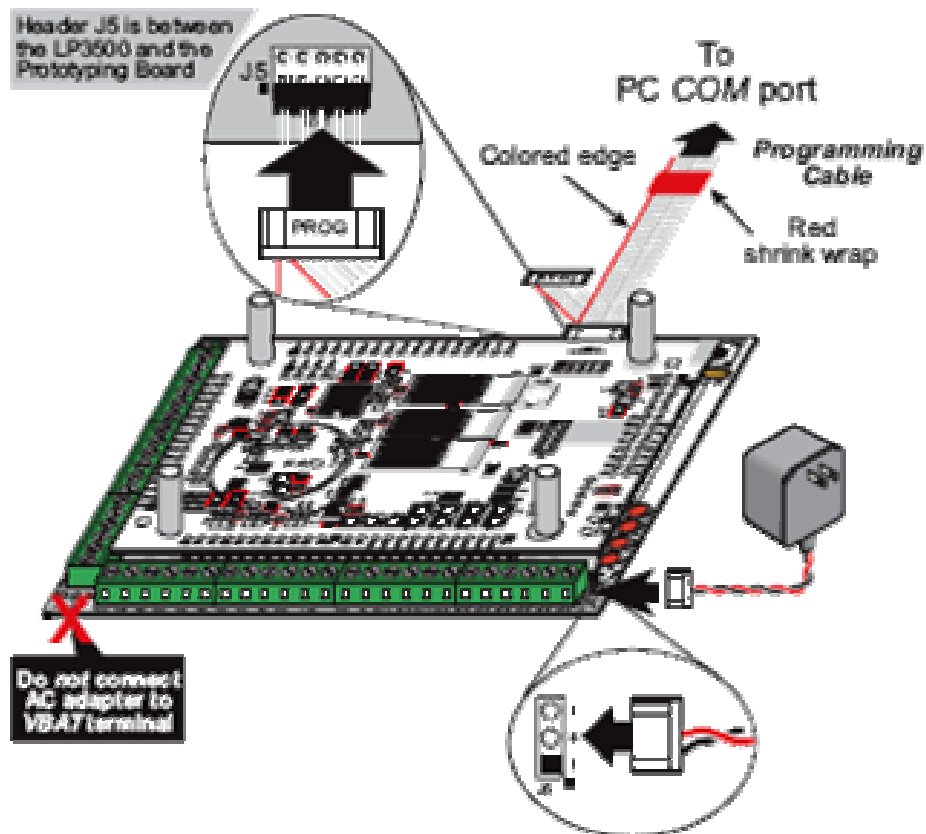


Figura 51: Conexão do cabo de programação e ligação da fonte 12 V DC, 1A

Caso o computador não possua uma porta serial física (COM) disponível é possível utilizar um adaptador USB-Serial e criar uma porta COM virtual, no presente trabalho foi utilizado um adaptador USB-Serial da marca Huge Pine, conforme ilustrado na figura 52.



Figura 52: Adaptador USB-Serial

Este adaptador possui um driver para a criação da porta serial “virtual”, no caso foi criada a porta COM3, Huge Pine USB to Serial Ports.

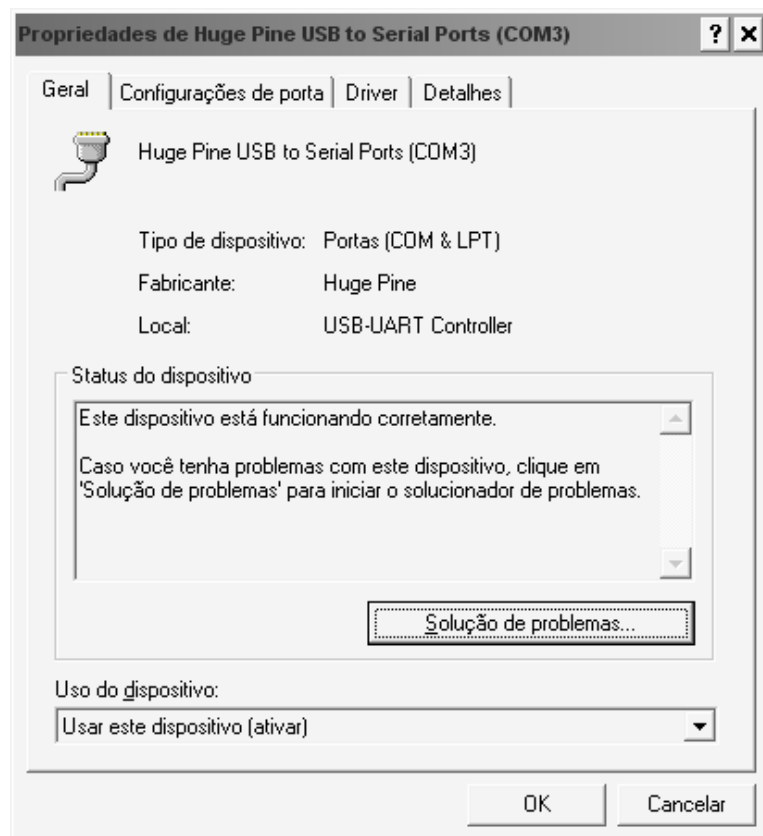


Figura 53: Porta virtual criada

Neste ponto já é possível efetuar os primeiros testes executando programas de exemplo inclusos nos CDs do kit, há vários exemplos dispostos em ordem crescente de dificuldade para que sejam feitos os primeiros contatos com o kit.

5.3.2 Módulo RF e módulo RS-232

Primeiramente devem ser setadas as chaves DIP nas duas placas RS-232 para chave 1 ON e as demais (2 a 6) OFF, desta forma a placa estará operando no modo RS-232.



Figura 54: Configuração para modo de operação RS-232

Depois de feito isso basta acoplar o módulo RF no módulo RS-232 como ilustrado nas figuras 55 e 56.

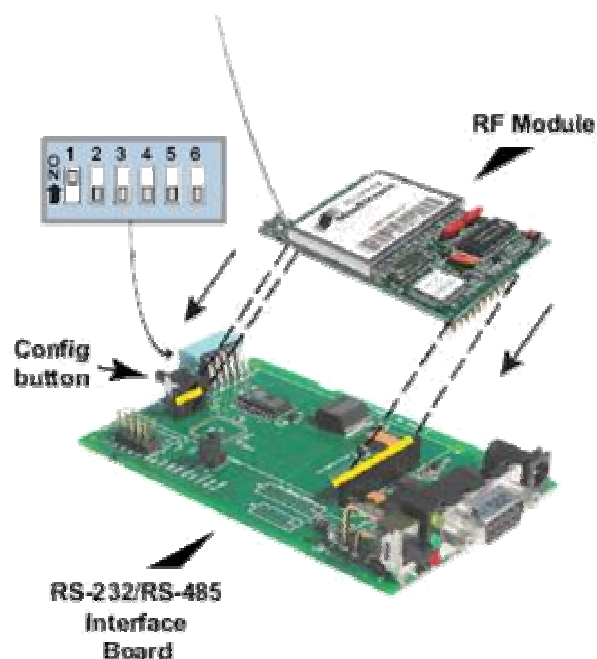


Figura 55: Acoplamento entre o módulo RF e o módulo RS-232

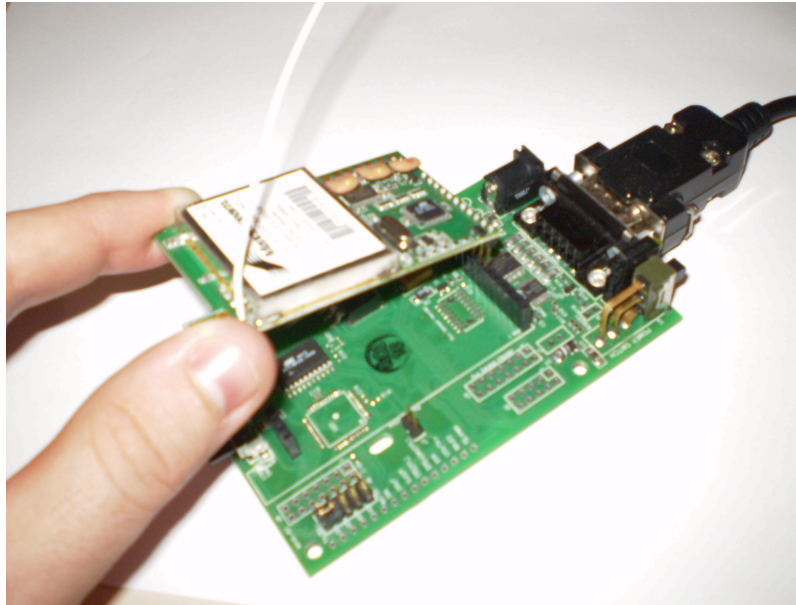


Figura 56: Acoplamento entre o módulo RF e o módulo RS-232

Os dois conjuntos presentes no kit, o que ficará conectado ao PC (emissor) e o que ficará presente no veículo de vídeo-inspeção (receptor), devem ser montados desta forma.

O painel de ligação do módulo RS-232 é exemplificado na figura 57, para fazer a conexão com o PC deve ser utilizado o cabo DB9F (fêmea) para DB9M (macho) presente no kit.



Figura 57: Painel de ligação do módulo RS-232

Para que seja feito o setup dos módulos RF é preciso instalar o programa `setup_c-ctu.exe` (X-CTU application) presente no CD Wireless Control 1.01 (Add on) do Dynamic C no diretório `DCRabbit...\X-CTU software` no computador que fará o controle do veículo de inspeção.



Figura 58: CD Wireless Control 1.01

Neste momento pode ser conectada a fonte 9V para alimentar o módulo RS-232, com isso o LED vermelho ilustrado na figura 59 deverá permanecer aceso.



Figura 59: Módulo RS-232 alimentado

Ao executar o programa X-CTU, previamente instalado, deverão ser ajustadas as configurações do PC, para tanto basta clicar na aba “PC Settings” e ajustar as seguintes configurações:

- ✓ 38400 baud (inicialmente é a taxa de transmissão que vem configurada)
- ✓ NONE flow control
- ✓ 8 data bits
- ✓ Parity NONE
- ✓ 1 stop bit

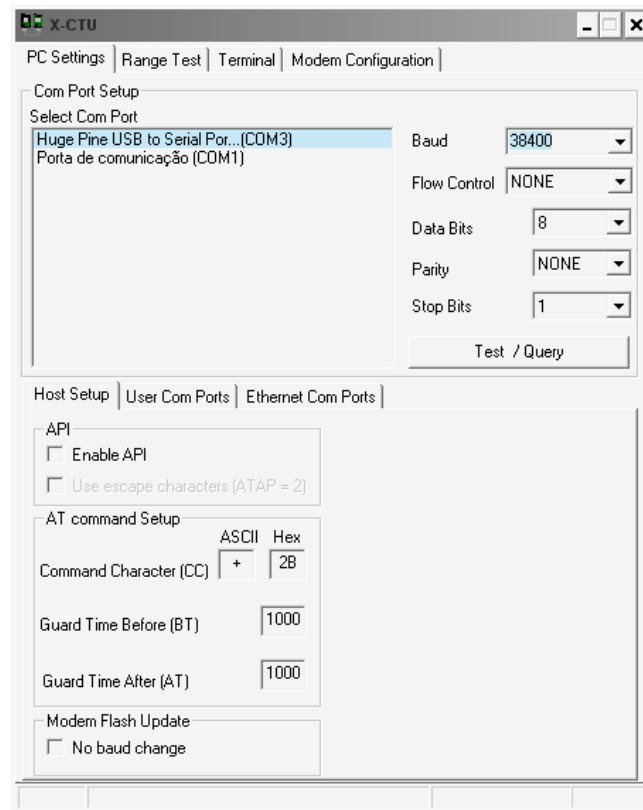


Figura 60: Configuração inicial do modem RF através do software X-CTU

Após isso basta clicar em “Test/Query”, caso as configurações estejam corretas deverá ser exibida a seguinte mensagem “Communication with modem...OK” e será exibido o tipo do modem, que deverá ser XC09-038 para o conjunto presente no kit.

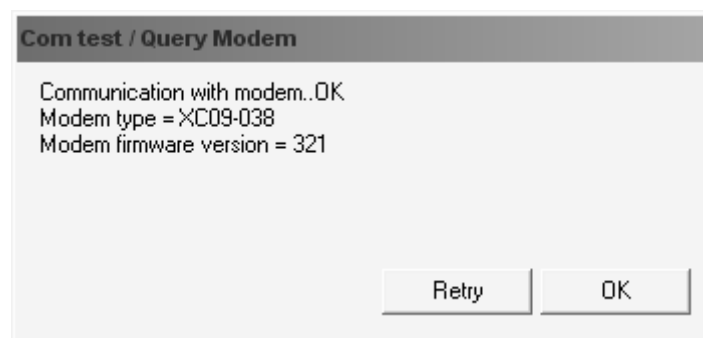


Figura 61: Mensagem de sucesso na comunicação do PC com o modem RF

5.3.3 Ponte entre módulos RF e controle da LP3500

Para realizar a comunicação entre os dois módulos RF deve-se novamente executar a configuração do módulo RS-232 através do programa X-CTU, desta vez os parâmetros ficam:

- ✓ 9600 baud
- ✓ NONE flow control ou HARDWARE flow control
- ✓ 8 data bits
- ✓ Parity NONE
- ✓ 1 stop bit

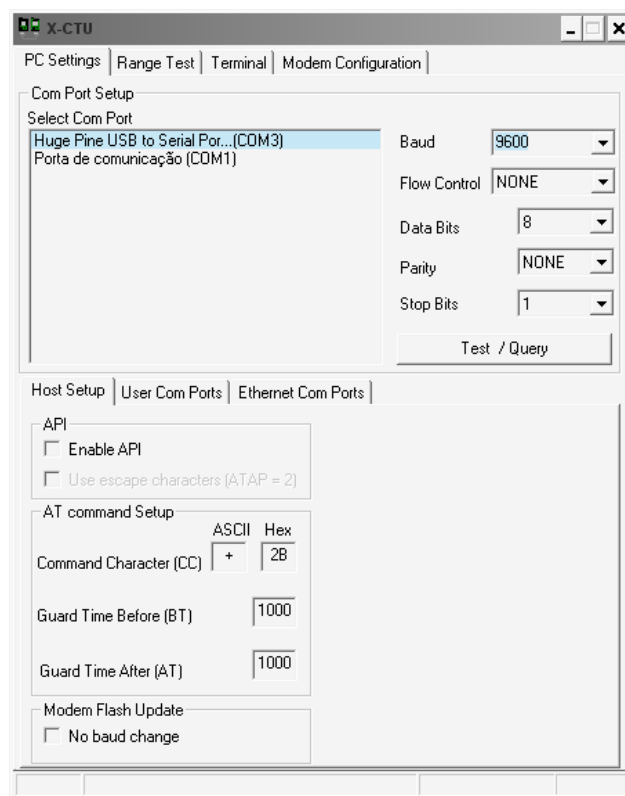


Figura 62: Configuração do modem RF para comunicação com LP3500

Após isso basta clicar em Test/Query, caso as configurações estejam corretas deverá ser exibida a seguinte mensagem “Communication with modem...OK” e será exibido novamente o tipo do modem.

O módulo de interface RS-232 deve ser desligado através da chave mostrada no painel da figura 57 (painel de ligação...), isso é necessário para trocar o cabo conectado ao DB9, deve ser retirado o DB9F (fêmea) para DB9M (macho) e conectado o DB9M para fios desencapados, conforme figura 63.

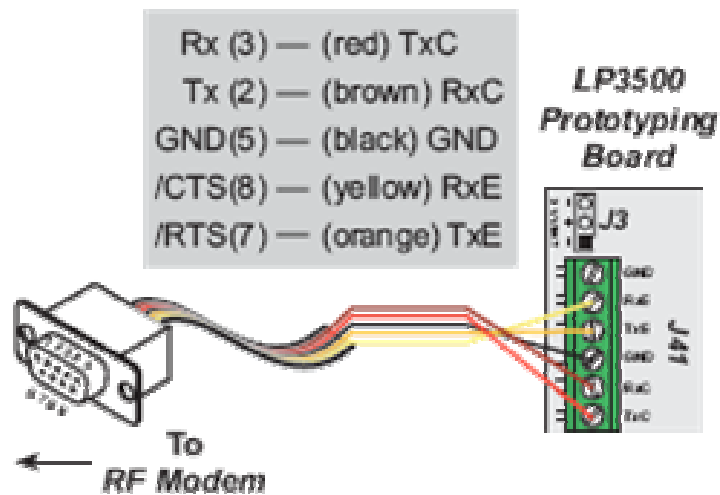


Figura 63: Acoplamento módulo RS-232 com placa LP3500

Desta forma é feita a conexão entre o módulo RF e a placa LP3500, o módulo RS-232 deve ser novamente ligado.



Figura 64: Conexão entre o módulo RS-232 e a placa LP3500

O outro módulo RF pode ser ligado ao PC, conforme ilustrado anteriormente, para estabelecer a conexão entre o PC e a placa LP3500, após o segundo módulo RF estiver configurado no PC é possível controlar de forma wireless a placa LP3500.



Figura 65: Montagem completa para comunicação entre o PC e a LP3500 de forma wireless

Existem alguns programas de exemplo para teste de conectividade entre o PC e a LP3500, um deles é o ModbusMaster application, que permite controle direto sobre todas as entradas e saídas digitais e analógicas da LP3500 através do PC, que transmite os dados para o módulo RS-232, que por sua vez envia por meio do transmissor RF para o receptor RF, que conversa com o outro RS-232 que finalmente envia os dados para a LP3500.

Este programa pode ser instalado através do CD Modbus 1.02 (Add on do Dynamic C).



Figura 66: CD Modbus 1.02

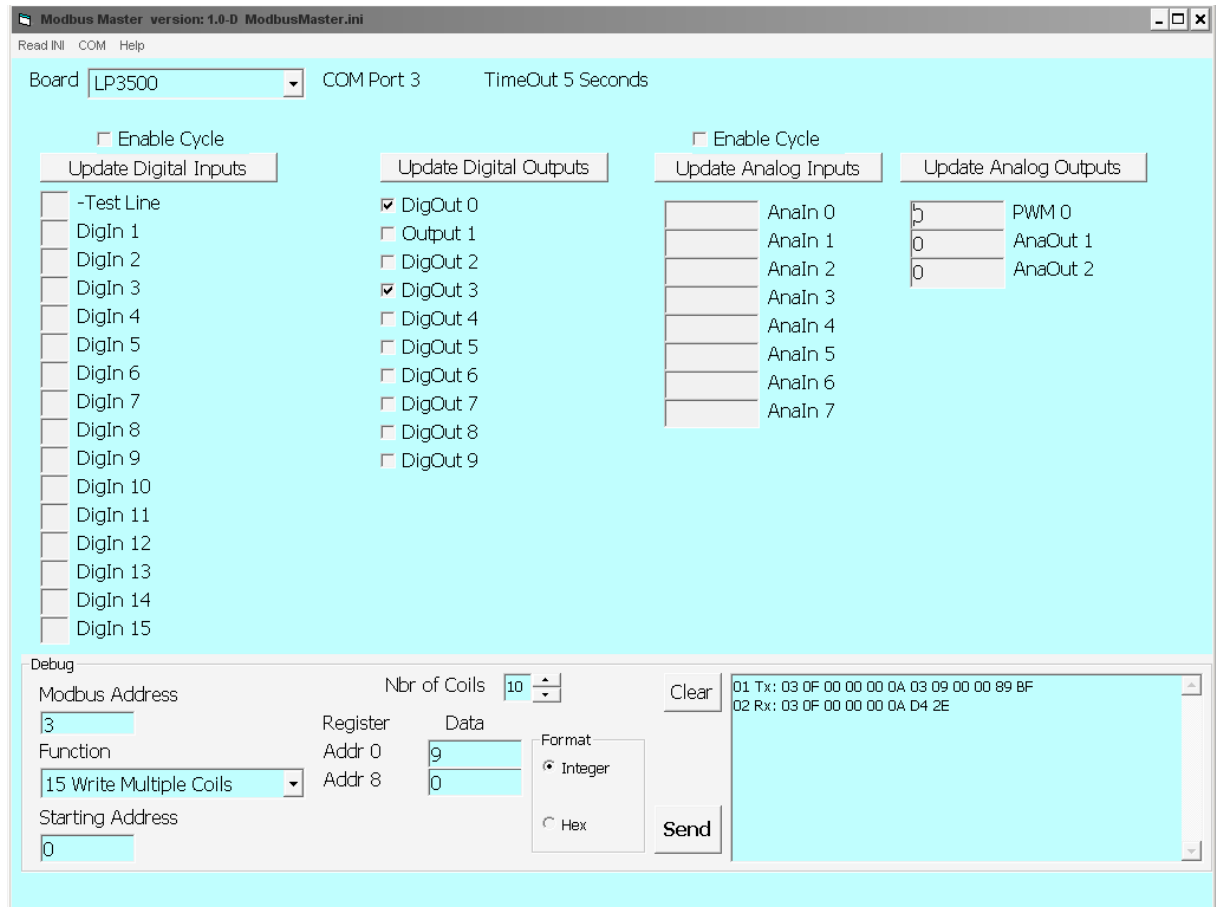


Figura 67: Programa ModbusMaster application com DigOut0 e DigOut3 acionadas

Por exemplo, selecionando uma das saídas digitais entre DigOut0 até DigOut3 os LEDs correspondentes na LP3500 acenderão.



Figura 68: DigOut0 e DigOut3 acionadas

5.4 Configuração para acesso wireless ao LP3500 em Windows XP

5.4.1 Configuração do modem

Deve ser aberta a opção “Opções de telefone e modem” no painel de controle (Menu Iniciar > Painel de Controle).

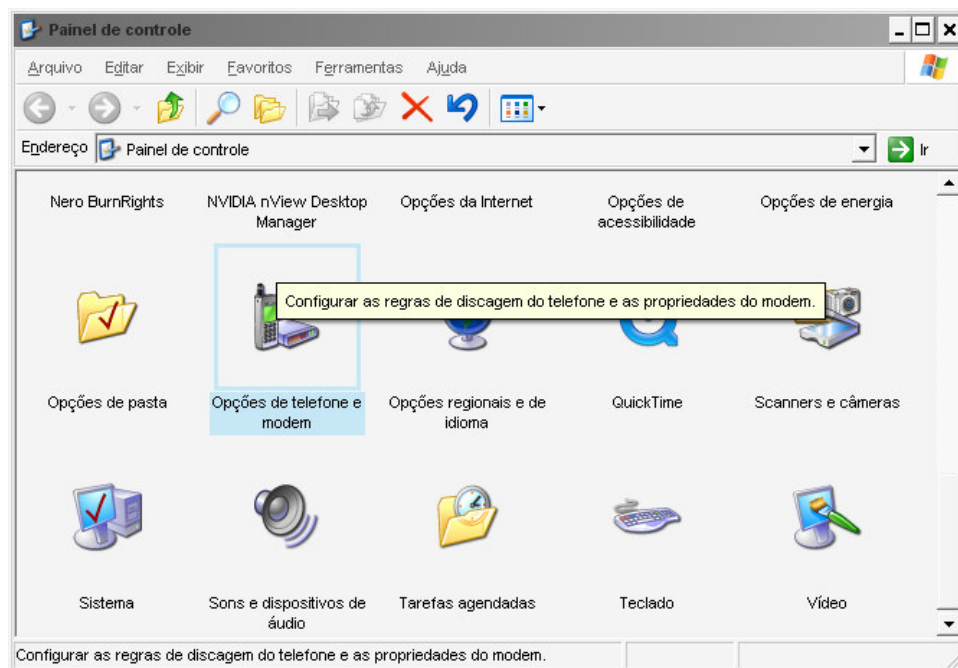


Figura 69: Painel de Controle no Windows XP

Ao ser aberta a janela deve ser clicada a aba “Modems” e o botão “Adicionar...” deve ser pressionado, com isso o wizard para adição de novo hardware será aberto.

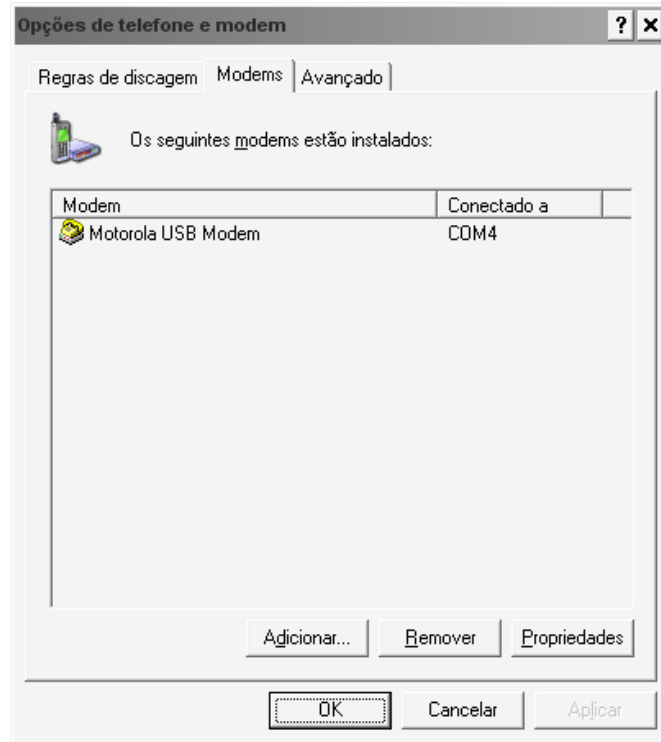


Figura 70: Adição de um novo modem

Deverá ser selecionada a opção “Não detectar o modem. Vou selecioná-lo em uma lista” e clicado o botão “Avançar >”.

Após isso deverá ser selecionada, na janela à esquerda “(Tipos de modem padrão)” e na janela à direita a opção “Cabo de comunicação entre dois computadores” conforme a figura 71, e deverá ser clicado o botão “Avançar >”.

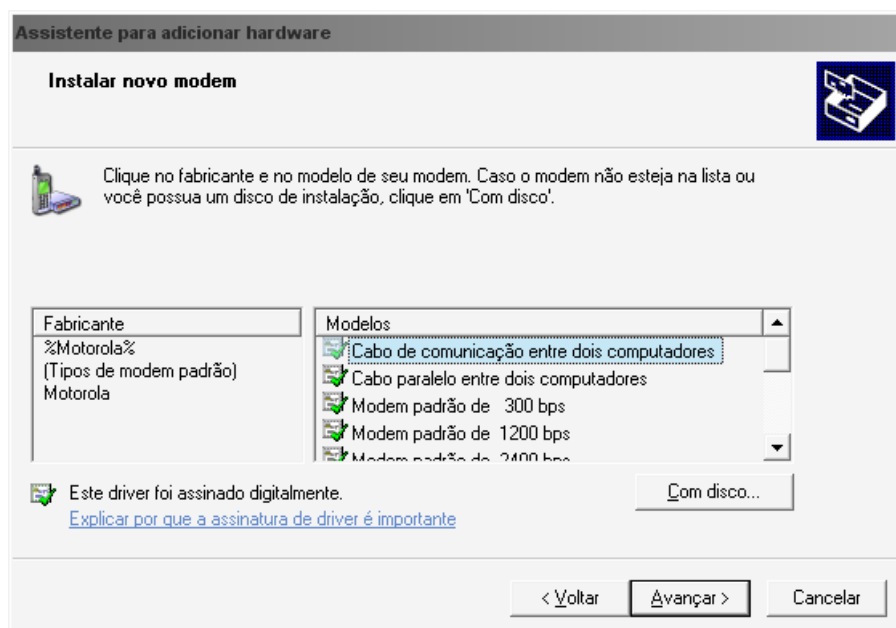


Figura 71: Seleção do tipo de novo modem a ser instalado

Após isso basta selecionar qual porta COM o PC estará usando para a conexão, note que deve ser selecionada a porta COM que está ligado o modem RF, neste projeto é a COM3 – Huge Pine USB to Serial Ports.

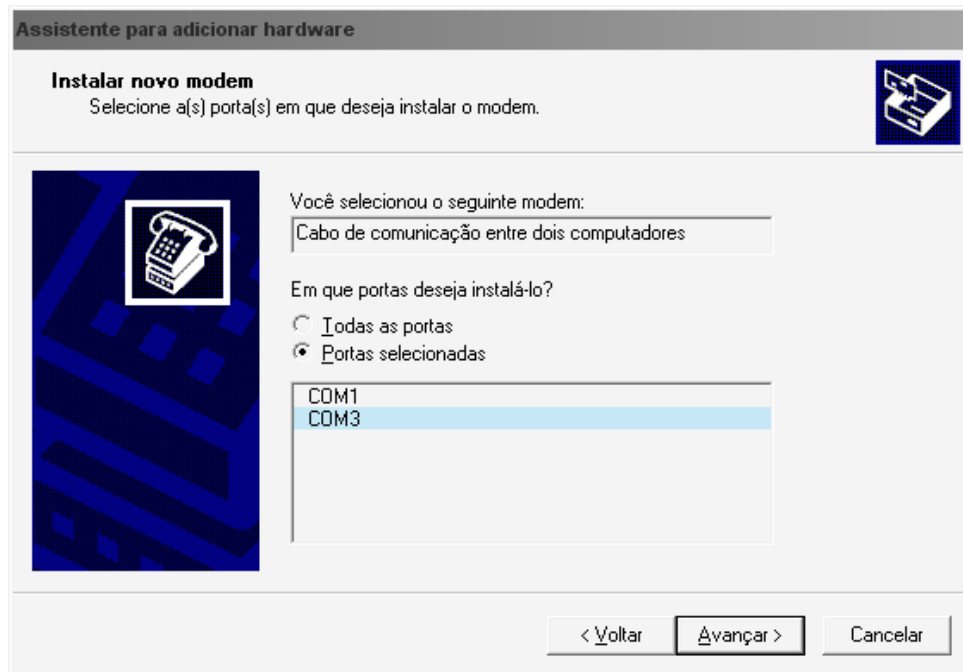


Figura 72: Seleção da porta COM a qual o modem RF está conectado

Após a seleção da porta COM basta clicar em “Avançar >” para que o Windows instale o novo modem, ao final será exibida uma mensagem de sucesso.

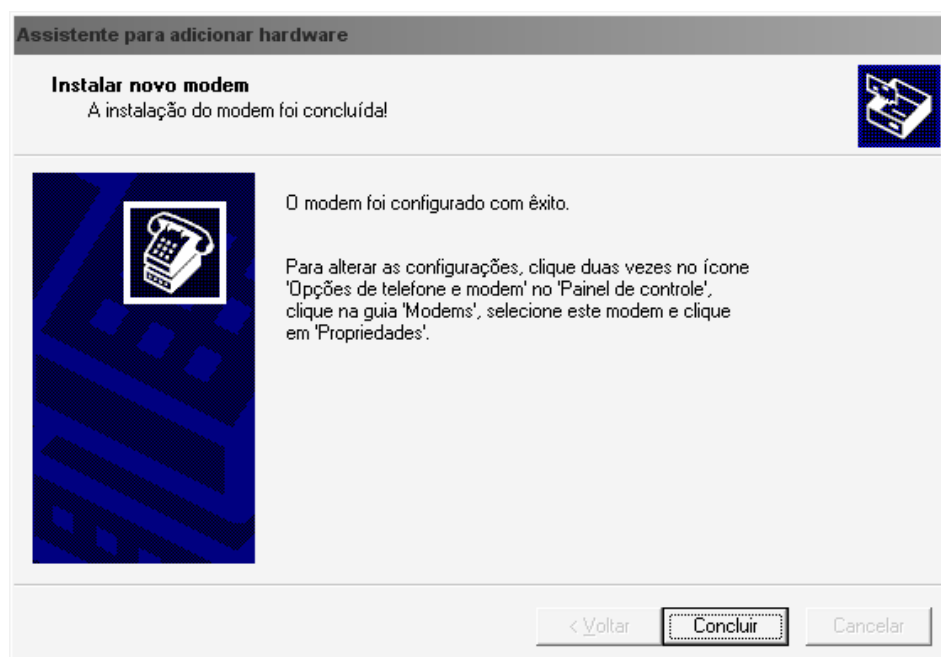


Figura 73: Mensagem de sucesso após a instalação do modem

A lista de modems instalados no computador será atualizada, exibindo o novo modem instalado (Cabo de comunicação entre dois computadores).

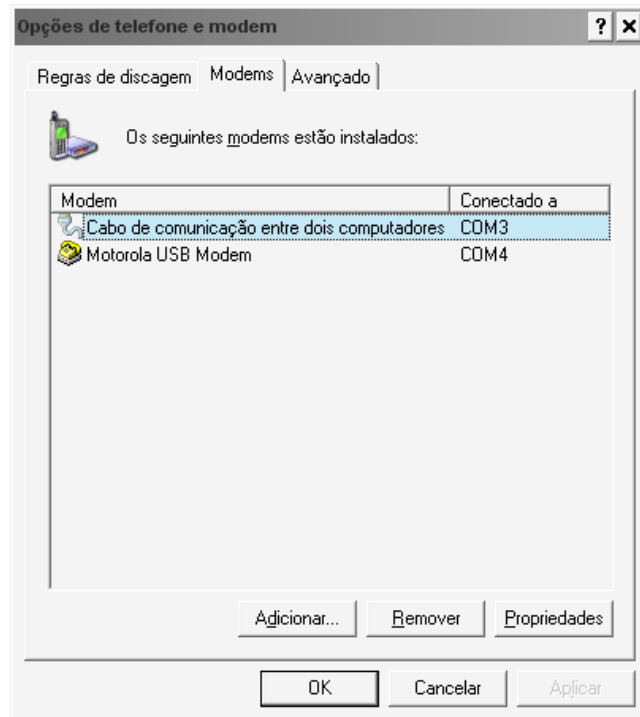


Figura 74: Lista de modems atualizada, exibindo o novo modem instalado

5.4.2 Configuração da rede

No painel de controle (Menu Iniciar > Painel de Controle) deverá ser aberta a opção “Conexões de Rede”. Para fazer uma nova conexão basta clicar em “Assistente para novas conexões”.

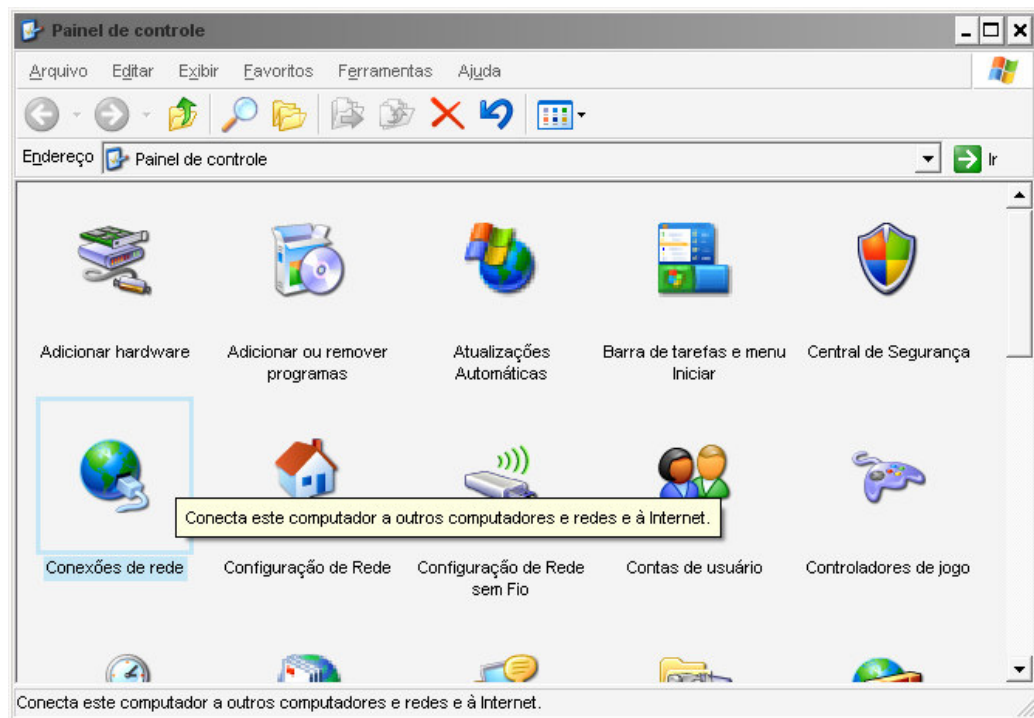


Figura 75: Painel de Controle, Conexões de Rede

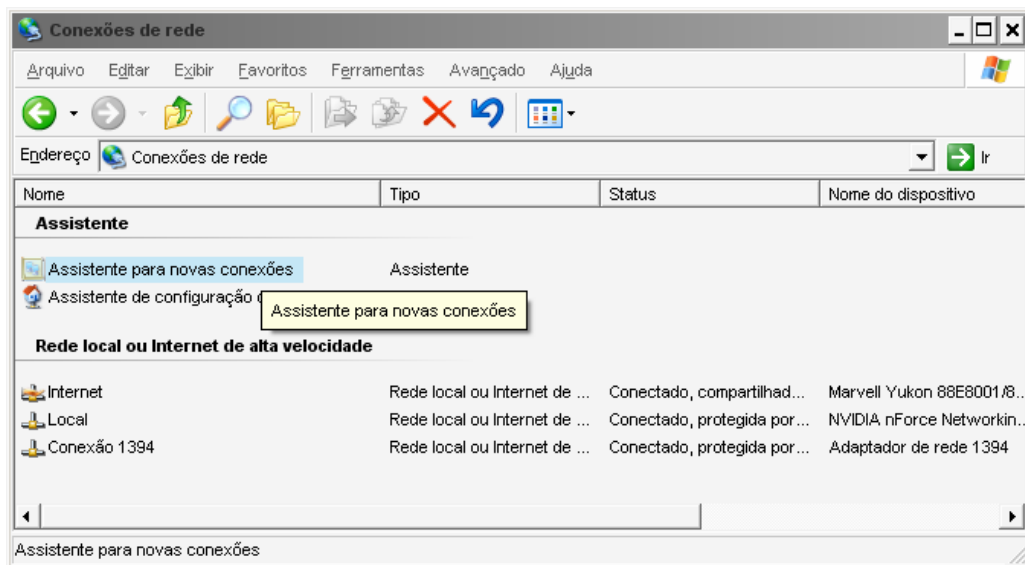


Figura 76: Assistente para novas conexões

Devem ser seleccionadas as seguintes opções: “Configurar uma conexão avançada”, “Conectar-se diretamente a outro computador” e “Convidado”.

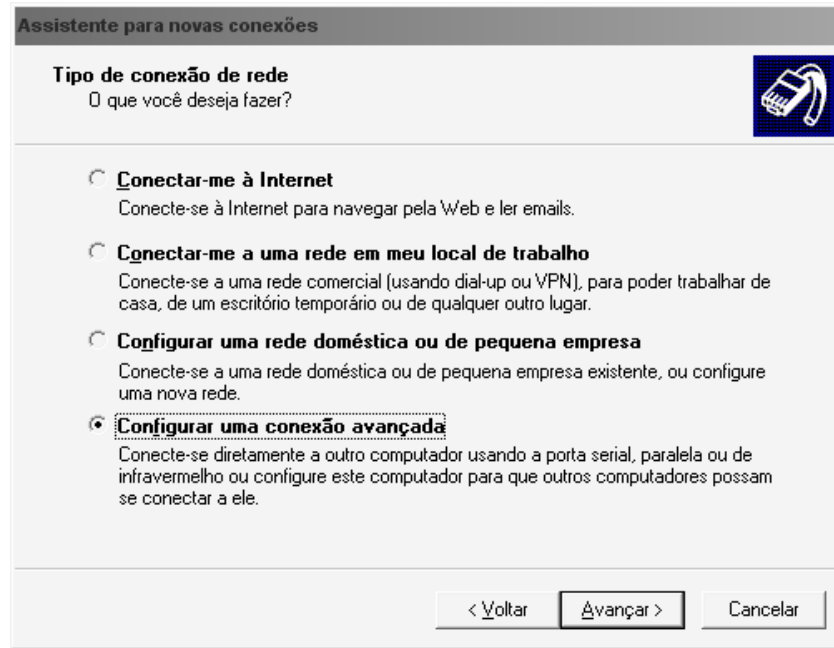


Figura 77: Configurar uma conexão avançada

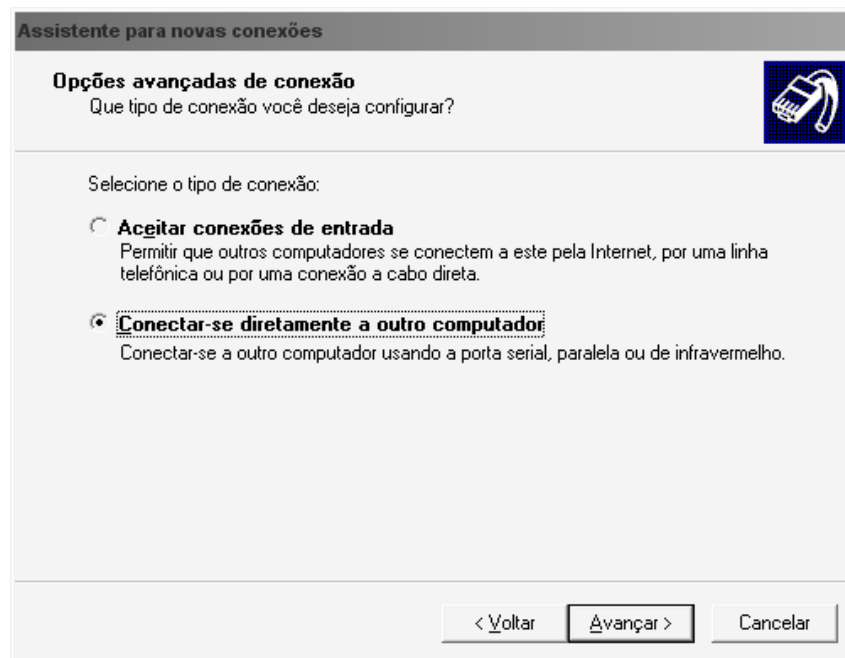


Figura 78: Conectar-se diretamente a outro computador

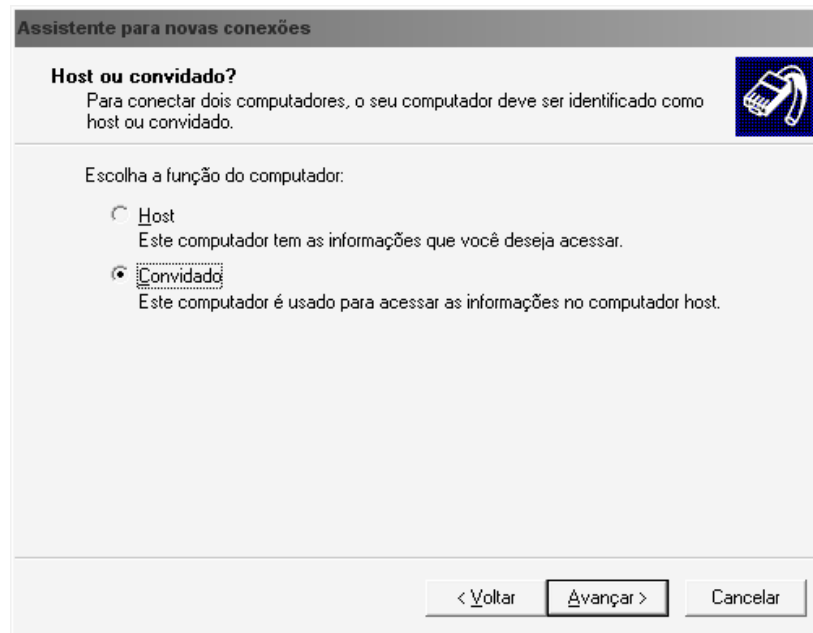


Figura 79: Convidado

Um nome para o dispositivo Rabbit deve ser selecionado, no caso desse projeto será LP3500.

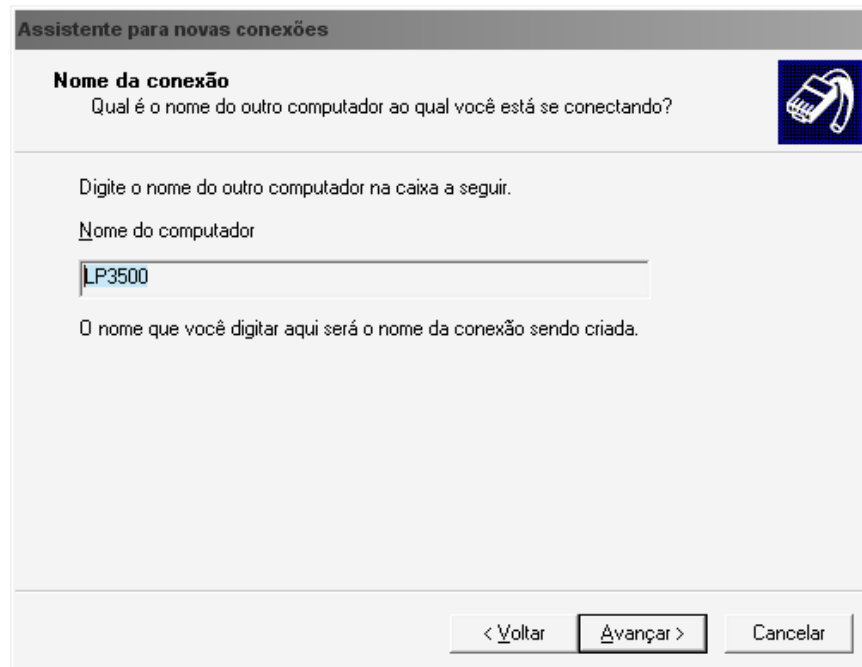


Figura 80: Nome da conexão

Devem ser selecionadas as opções: “Cabo de comunicação entre dois computadores (COMX)”.

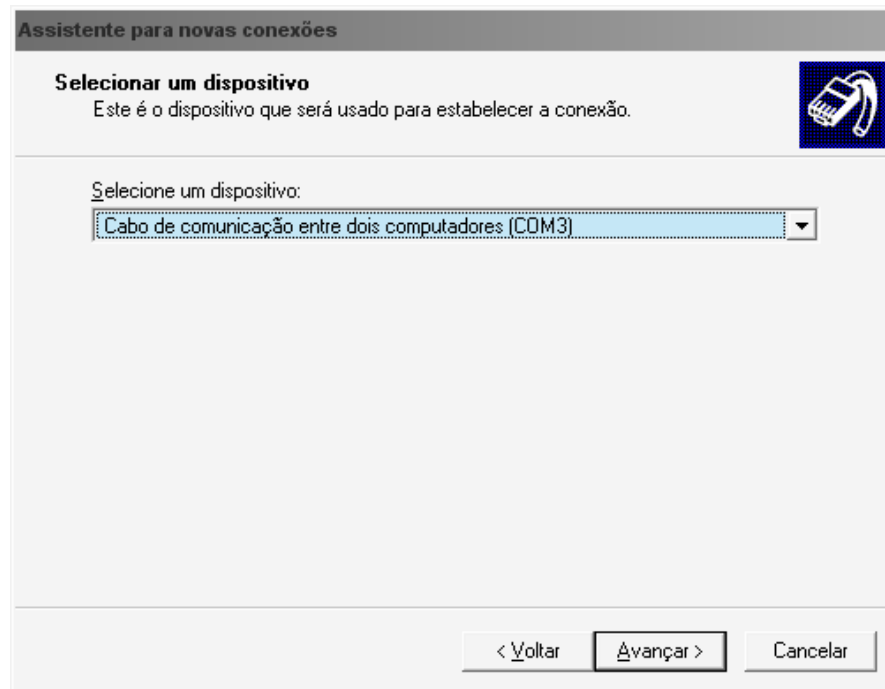


Figura 81: Seleção do dispositivo

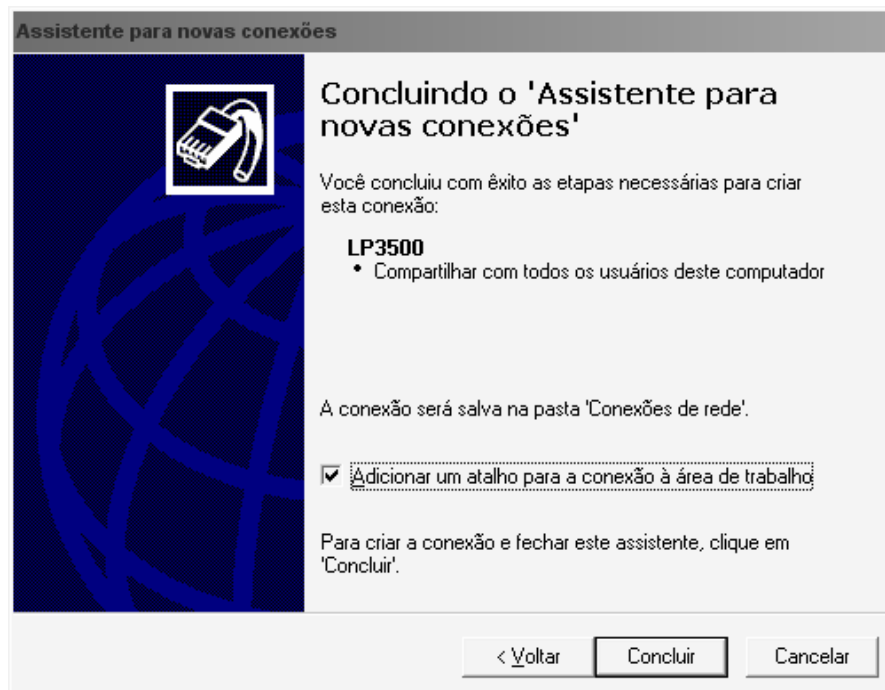


Figura 82: Concluindo o assistente para novas conexões

Quando a janela popup do Windows for aberta, após a conclusão da nova conexão, deverá ser clicado o botão “Propriedades” para verificar se a porta COM selecionada anteriormente está presente, caso esteja deverá ser clicado o botão “Configurar”.



Figura 83: Conectar LP3500

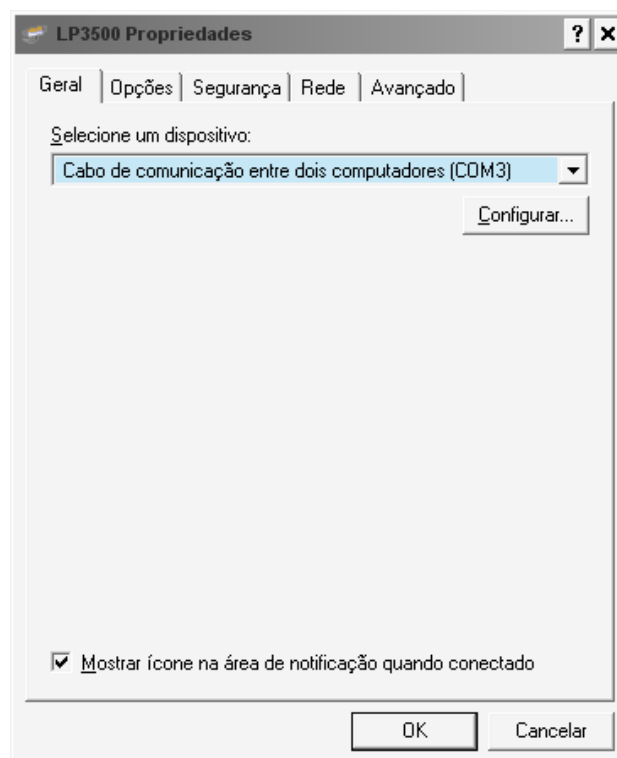


Figura 84: LP3500 Propriedades

O parâmetro “Velocidade máxima (bps)” deverá ser mudado para 9600 e a única opção selecionada deverá ser “Ativar o controle de fluxo por hardware”.

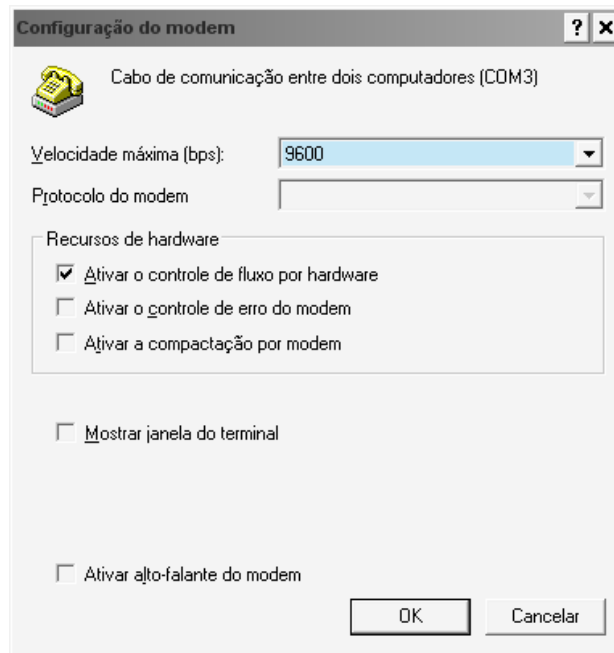


Figura 85: Configuração do modem

Na aba “Opções” deverá ser selecionada apenas a opção “Exibir o progresso ao se conectar”.

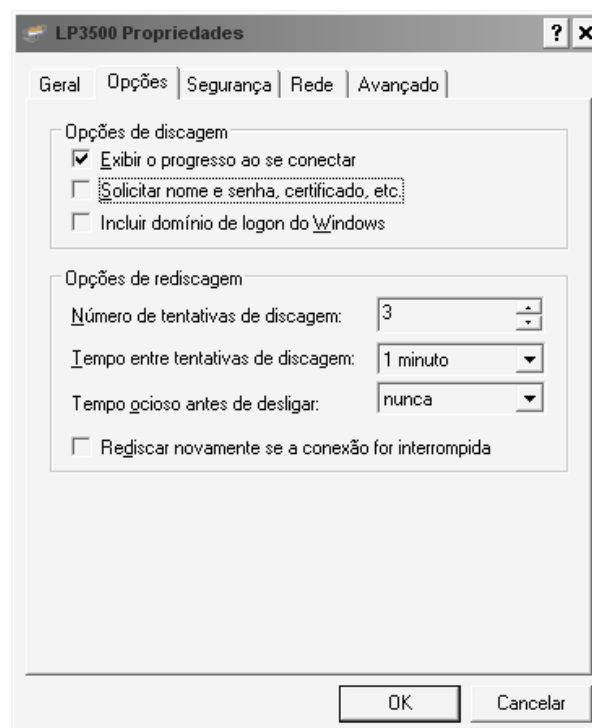


Figura 86: LP3500 Propriedades, Opções

Na aba “Segurança” deverão ser selecionadas as opções “Típica (configurações recomendadas)” e “Permitir senha não segura”.

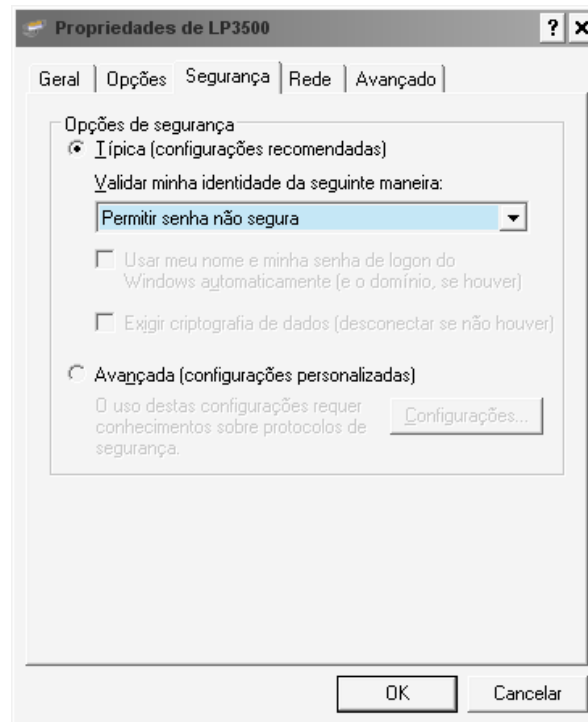


Figura 87: LP3500 Propriedades, Segurança

Na aba “Rede” todas as opções devem estar de selecionadas.

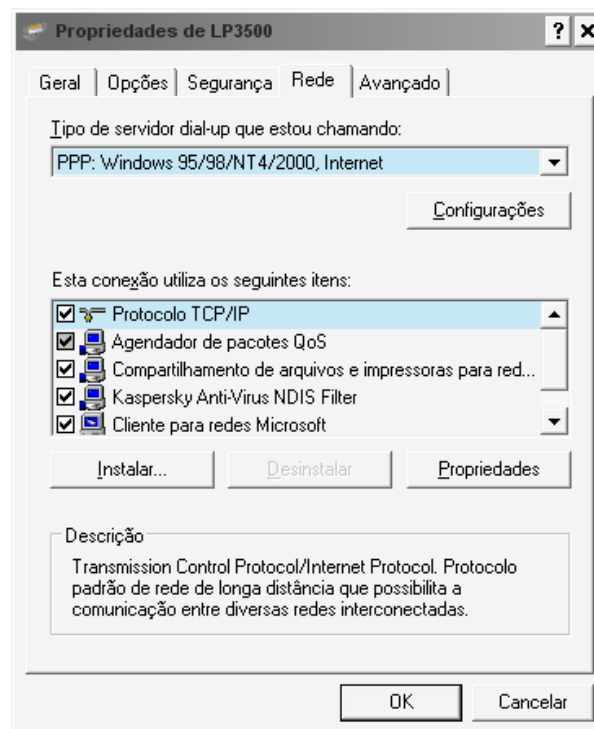


Figura 88: LP3500 Propriedades, Rede

O “Protocolo TCP/IP” deverá ser aberto dando duplo clique sobre o mesmo e então deverá ser clicado o botão “Avançado”, para então serem deselecionadas as

opções “Usar compactação de cabeçalho IP” e “Utilizar gateway padrão em rede remota” na aba “Geral”.



Figura 89: Configurações TCP/IP avançadas, Geral

Na aba “WINS” deverá ser selecionada a opção “Desativar NetBios sobre TCP/IP”.

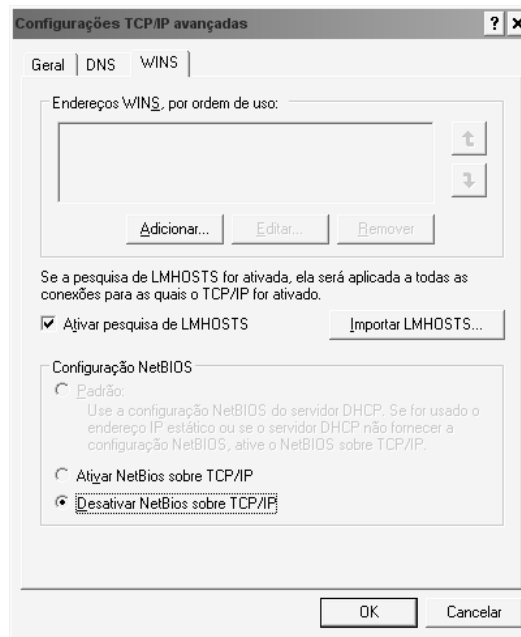


Figura 90: Configurações TCP/IP avançadas, WINS

A conexão dial-up deve começar e o LP3500 que funciona com outro programa de exemplo (DIRECT_PPP.C ou DIRECT_PPP_HTTP.C) será acessível via wireless.

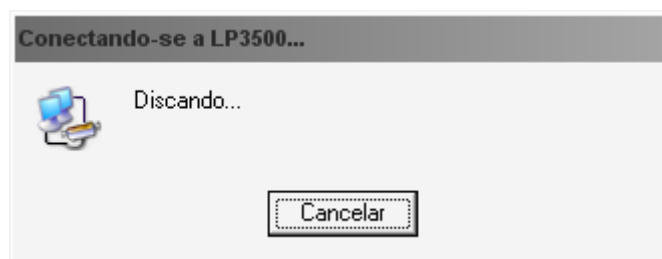


Figura 91: Discando a conexão LP3500

Para que seja possível acessar a LP3500 via PPP é necessário configurar os dois modems RF com o parâmetro *Dl2 Configuration = 1 – RTS flow control*.

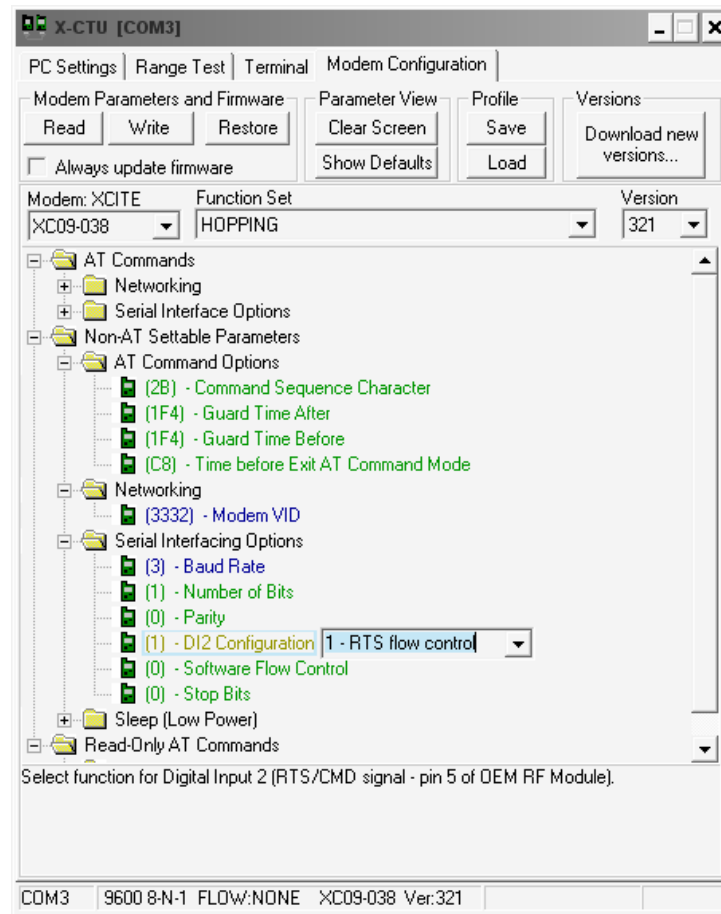


Figura 92: DI2 Configuration = 1 – RTS flow control

O dial-up será repetido algumas vezes antes de reportar um problema da conexão. Caso algum problema exista deverão ser desligadas as duas placas de interface RS-232, verificadas as conexões DB9 e ligadas novamente.

Na janela “*Conexões de Rede*”, no painel de controle, pode ser acessada a conexão LP3500 sem ter que configurar tudo novamente, ou através do atalho criado na área de trabalho.

5.5 Verificação do alcance dos módulos de RF

Sinais de radio frequência sofrem atenuações ao longo de seu trajeto entre o transmissor e o receptor, essas perdas são denominadas “path loss” e um diagrama para melhor compreensão é demonstrado na figura 93.

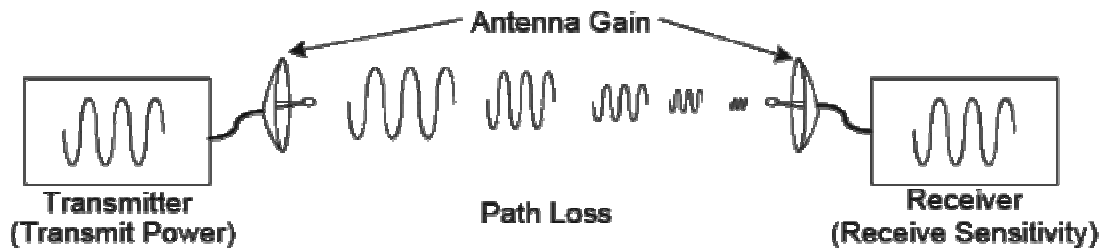


Figura 93: Path Loss entre transmissor e receptor RF

Para se ter certeza que os módulos RF funcionarão para a distância necessária usa-se a fórmula de Friis (ou Lei de Friis), que relaciona a potência transmitida de uma antena para outra em determinadas condições ideais.

Na sua forma mais simples, a fórmula de Friis é a que se segue, dadas duas antenas, o rácio da potência recebida pela antena de recepção, P_r , sobre a potência transmitida à antena de transmissão, P_t , é dado por:

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t \cdot G_r \cdot \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot R} \right)^2$$

Onde:

G_t : Ganho da antena de recepção

G_r : Ganho da antena de transmissão

λ : Comprimento de onda

R : Distância entre as antenas

Segundo o fabricante pode ser utilizada a relação que se segue para verificação do alcance do sinal transmitido entre os dois módulos RF empregados no projeto. Para que a transmissão funcione é necessário que a relação abaixo seja obedecida.

$$Power(TX) - Power(RX) \geq Signal \text{ Attenuation}$$

Onde $Power(TX) - Power(RX)$ vale 132 dB e a atenuação do sinal pode ser calculada com base na distância entre os dois módulos e nos valores fornecidos para cada material presente no caminho de propagação das ondas.

A influência da distância entre os módulos é apresentada na figura 94.

<u>Distance</u>	<u>900 MHz free-space loss</u>
10 meters	72.5 dB
100 meters	92.5 dB
1000 meters	112.5 dB

Figura 94: Influência da distância na transmissão de sinais de RF

A influência de objetos presentes no caminho de propagação das ondas pode ser diferenciada com base nos materiais que os compõem.

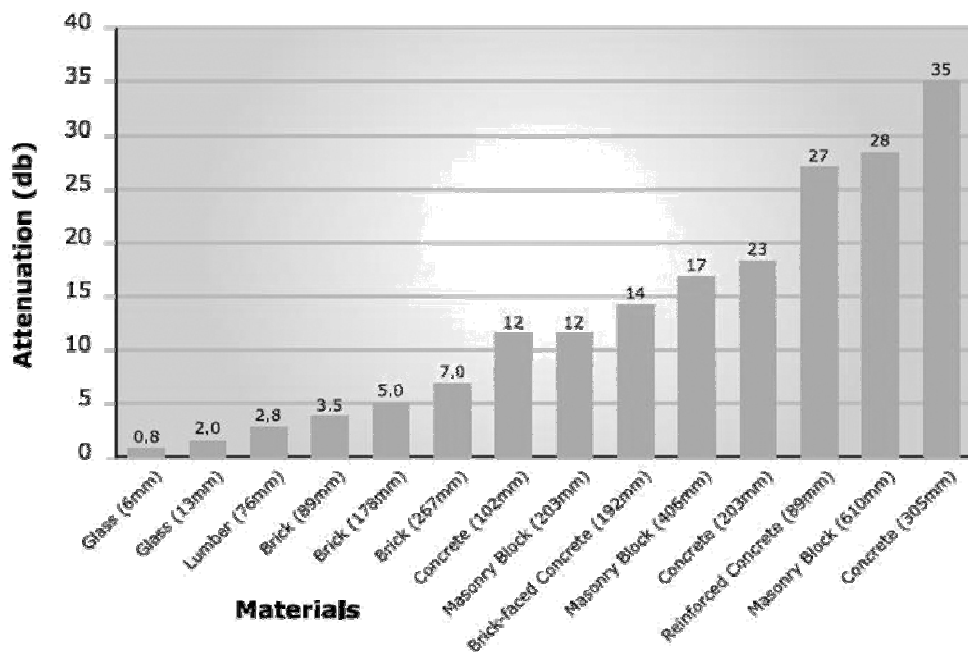


Figura 95: Influência dos objetos presentes no caminho de propagação das ondas RF

Utilizando a relação apresentada acima e estimando o computador do operador do veículo a uma distância de 100 metros do veículo (atenuação de 92,5 dB) separado por uma parede de blocos com 203 mm (atenuação de 12 dB), a parede de fibra de vidro da pá sendo aproximada por concreto de 203 mm (atenuação de 23 dB) chega-se a:

$$132 \geq 92,5 + 12 + 23 = 127,5$$

Portanto é possível utilizar os módulos RF propostos no projeto.

5.6 Operação do veículo de vídeo-inspeção

Os sinais de controle (velocidade e direção do veículo) serão captados pela interface com o usuário e enviados para o canal serial do computador.

Do canal serial os dados seguem para o módulo RS-232 acoplado ao computador, que envia através do transmissor RF os sinais para o receptor RF presente no veículo de vídeo-inspeção.

O módulo RS-232 presente no veículo, por meio do receptor RF capta os dados transmitidos do computador e transmite para a placa LP3500 para interpretação pelo software de controle implementado.

Um esquema que exemplifica bem esta atuação está representado na figura 97.

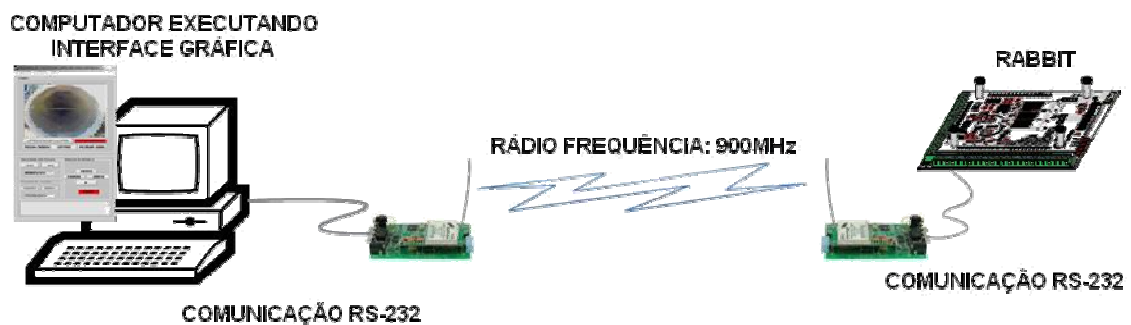


Figura 96: Interface de comunicação PC-veículo

6 PROJETO DE CAPTURA DE IMAGEM

6.1 Inicial (Câmera IP)

Inicialmente foi proposta a utilização de uma câmera IP pelo fato de as instalações da fábrica já possuírem uma rede wireless instalada e pela facilidade de aquisição dos sinais transmitidos através do computador.

Realizou-se uma pesquisa de mercado com relação aos diversos modelos de câmeras disponíveis. Feita essa pré-seleção, foram levantados os principais pontos que deveriam ser levados em consideração para a escolha da câmera. Os pontos abordados foram: custo, dimensões, peso, consumo, possibilidade de rotação da câmera em dois eixos (pan e tilt) e sensibilidade de lux.

Lux é a unidade de medida de iluminação que mede a incidência perpendicular de 1 lúmen em uma superfície de 1 metro quadrado. Essa unidade pode variar de 0 a 9, onde 0 representa escuridão total e 9 claridade total. 0.25 lux equivale à iluminação da lua cheia em uma noite clara.

A pesquisa feita pode ser resumida pela tabela 7.

Tabela 7: Levantamento de modelos para escolha da câmera IP

MODELO DA CÂMERA	TAXA DE TRANSFERÊNCIA	SENSIBILIDADE [LUX]	DIMENSÕES LxCxA [cm]	PESO [g]	RESOLUÇÃO	CUSTO	ALIMENTAÇÃO
Câmera IP Wireless D-Link DCS - 950G	10/100 Mbps	0,5	7,8 x 9,1 x 13,9	170	30fps em 160x120 30fps em 320x240 30fps em 640x480	R\$ 699,00	5V DC
ENCORE Wireless SOHO Internet Camera ENVCWI-G	54 Mbps	0,7	7 x 3,5 x 13	315	30fps em 160x120 30fps em 320x240 30fps em 640x480	R\$ 500,00	5V DC, 1 A
Câmera IP wireless Infra-Vermelho - GS 1200G	10/100 Mbps	0,5	-	215	30fps em 160x120 30fps em 320x240 30fps em 640x480	R\$ 759,00	5V DC, 1 A
LINKSYS - Camera IP Wireless Internet - WVC54GC	10/100 Mbps	1	9 x 3,7 x 10,2	130	320x240, 160x128	R\$ 209,81	5V DC
D-Link DCS-5300G Pan/Tilt, 802.11g, Digital Zoom, Mic	54 Mbps	0,1	10,2 x 10,4 x 11,2	165	30fps em 160x120 30fps em 320x240 10fps em 640x480	R\$ 1.216,57	12 V DC, 1.5A
Servidor Câmera IP Wireless (DCS-2120)	10/100 Mbps	0,5	7,9 x 4,2 x 11,4	250	30fps em 640x480	R\$ 949,31	-
Câmera IP 802.11b Wireless (TV-IP100W)	10/100 Mbps	0,5	7 x 3,5 x 13	145	30fps em 640 x 480	R\$ 713,45	5 V DC, 1,3 A

A câmera inicialmente escolhida foi a *D-Link DCS-5300G*, principalmente pela sensibilidade, muito superior às demais, com um *LUX* de 0,1 é possível visualizar imagens com escuridão quase que total, descartando a necessidade de um projeto de iluminação ou mesmo reduzindo a intensidade de iluminação necessária.

Suas dimensões ($10,2 \times 10,4 \times 11,2 \text{ cm}$) também são reduzidas quando comparadas às outras, o que soluciona o problema restrito de espaço, sua massa (165 g) é mediana quando comparada às outras e seu preço ($R\$1216,57$) um pouco superior, mas nada que impeça sua aquisição.

Esta câmera conectada à Internet Banda Larga cabeada ou wireless, oferece acesso remoto com áudio e vídeo.

A câmera utiliza tecnologia wireless padrão 802.11g, transfere vídeo e áudio via wireless até 54Mbps. O acesso e controle da câmera podem ser feitos através do web browser do Internet Explorer versão 6. Enquanto se observa e ouve o conteúdo filmado pela câmera, é possível também obter *snapshots* ou gravar diretamente do browser para um disco rígido local, sem ter que instalar algum tipo de software adicional.

A *DCS-5300G* possui funções pan, tilt, e zoom que podem ser controladas tanto pela interface Web como pelo controle remoto. Ela vem com sensor CCD que fornece uma imagem limpa e acurada.



Figura 97: Foto da câmera inicialmente escolhida

6.2 Fatores que levaram à reformulação do projeto de visão

As opiniões de alguns usuários que adquiriram essa câmera não são favoráveis, muitos reclamam da má qualidade das imagens, de perda de sinal, de travamento que requer reinicialização da câmera, o que seria um grande problema para o projeto uma vez que o veículo é operado a distância e em local de difícil acesso, dificultando sua reinicialização.

Como a câmera transitaria por um local fechado e de difícil penetração para sinais de rede wireless optou-se por uma reformulação do projeto, tanto pela escolha de outra forma de sinal quanto pela escolha de outra tecnologia mais robusta.

6.3 Final (CFTV)

O novo projeto de visualização conta com uma câmera de circuito fechado de TV (CFTV). As especificações da câmera utilizada estão na tabela 8.



Figura 98: Foto da câmera de CFTV

Tabela 8: Especificações da câmera CFTV

Tipo	Colorido
Dispositivo	Ccd 1/3 SONY
Sistema de imagem	Eia 50/60 hz
Resolução	480 Linhas / 0.0 Lux
Sensor	Day – Night
Alcance do Infra	20 Mts
Sincronização	Interna
Sistema de	Vídeo
Alimentação	12 V 300 mAh
Lente	6,0 mm
Grau de cobertura	42 - graus
Proteção de reversão de polaridade	Sim
Conector de saída	Rca

A câmera colorida Day/Night usa as tecnologias de última geração com alto padrão de qualidade (resolução de 480 linhas). Apresenta visão noturna no escuro total (0 LUX).

Possui ângulo de visão de 42 Graus que permite uma visão nítida na distância de até 20 metros, pode ser conectada a qualquer aparelho de televisão ou PC que tenha entrada de áudio e vídeo.

Essa tecnologia é mais robusta e a transmissão do sinal é realizada por um transmissor wireless à frequência de 2,4 GHz, esse transmissor apresenta maior alcance, 1000 metros sem barreira, segundo o fabricante, contra cerca de 100 metros de redes wireless convencionais (Wi-Fi).

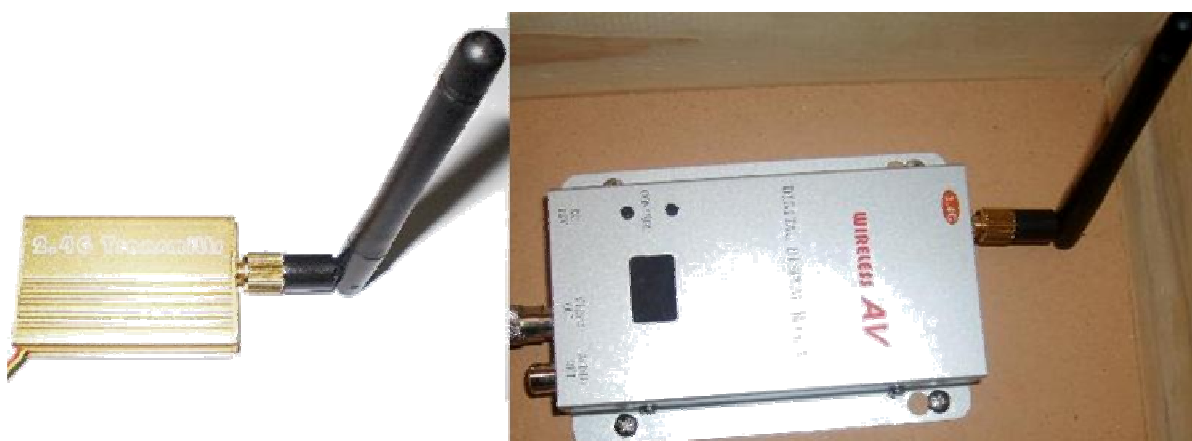


Figura 99: Transmissor wireless de áudio e vídeo

O sinal proveniente do receptor de áudio e vídeo é enviado ao computador através de uma placa de captura (USB DVR), sendo conectada na porta USB.



Figura 100: Placa de captura USB DVR

O esquema abaixo demonstra o relacionamento de todos os equipamentos, facilitando a compreensão do sistema de visão.

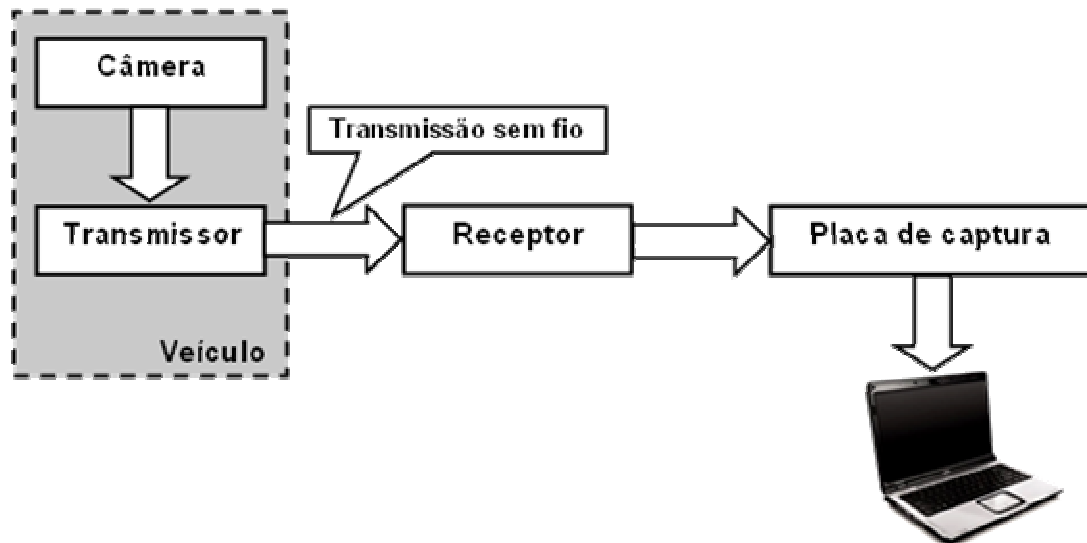


Figura 101: Esquema de relacionamento dos equipamentos constituintes do sistema de visão

6.4 Servo Motor

Servo motores são pequenos dispositivos de acionamento muito utilizados em aeromodelos. Devido o seu baixo custo, facilidade de acionamento e precisão de posicionamento são muito utilizados em pequenos projetos de robótica.

O servo motor utilizado é da marca Hitec, modelo HS-311 Standard, é alimentado por tensões de 4,8 a 6 V e opera bem com os 5 Volts utilizados, provenientes do regulador de tensão L7805CV.

Tabela 9: Especificações do servo HS-311

Propriedade	Valor
Tipo do motor	3 pólos
Material das Engrenagens	Nylon
Velocidade	0,19 ~ 0,15 sec @ 60 deg (4,8V ~ 6,0V)
Torque	3,0 ~ 3,5 kg.cm (4,8V ~ 6,0V)
Tamanho	40 x 20 x 36,5 mm
Peso	43 g



Figura 102: Servo HS-311

A ligação do servo ao Wireless Control Kit Application (Rabbit) é praticamente direta, pois os sinais necessários são alimentação de 4,8 V ~ 6 V, está sendo utilizada 5 V, e sinal PWM. Não é necessário qualquer tipo de interface adicional, como é o caso dos motores de corrente contínua empregados na locomoção do veículo, onde foi necessário empregar um driver para seu controle.

A pinagem do conector do servo é apresentada na figura 104.

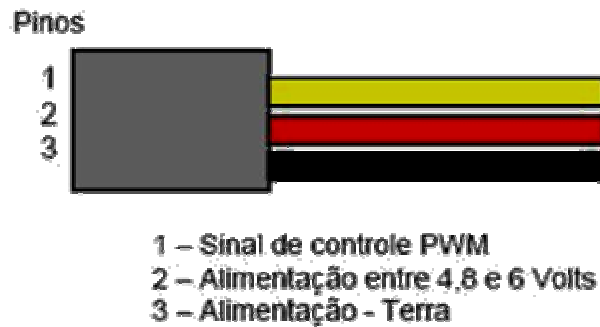


Figura 103: Sinais no conector do servo

No pino 1 deve entrar o sinal PWM de controle de posição do servo motor. Os pinos 2 e 3 são destinados à alimentação do servo. O sinal PWM segue níveis de tensão e corrente dentro do padrão TTL. Já pelos pinos de alimentação passarão correntes que dependem do tamanho do servo. No caso do servo HS-311 essas correntes são inferiores a 0,7 Ampére.

O sinal de controle do servo é do tipo PWM, mas não é utilizado como um PWM convencional. A largura do pulso de PWM controla a posição do servo, mas ao contrário de um sinal PWM convencional, a essa variação da largura do pulso não corresponderá uma variação de corrente proporcional no motor.

Esse tipo de servo aceita pulsos periódicos a cada 20 ms continuamente. Esse tempo não é crítico podendo variar tranquilamente entre 10 e 30 ms. O pulso de 1,5 ms é considerado o meio do curso no posicionamento do servo.

6.5 Movimentação da Câmera

A câmera será rotacionada pelo servo motor escolhido, HS-311, que será controlado por um sinal PWM. O ângulo de rotação proporcionado é de cerca de 180°, o que possibilita a visão dos dois lados da pá durante a inspeção.

Segundo especificações do fabricante, a faixa de operação do servo é para pulsos com largura entre 0,9 ms e 2,1 ms, para períodos de 20 ms, ou seja, a frequência do sinal PWM é de 50 Hz com duty cycle variando de 4 ~ 11%, porém em testes experimentais realizados com o servo o duty cycle está variando de 2 ~ 12%, e esta faixa será utilizada para o controle via software do servo.

Na figura 104 é demonstrada a faixa de operação do servo.

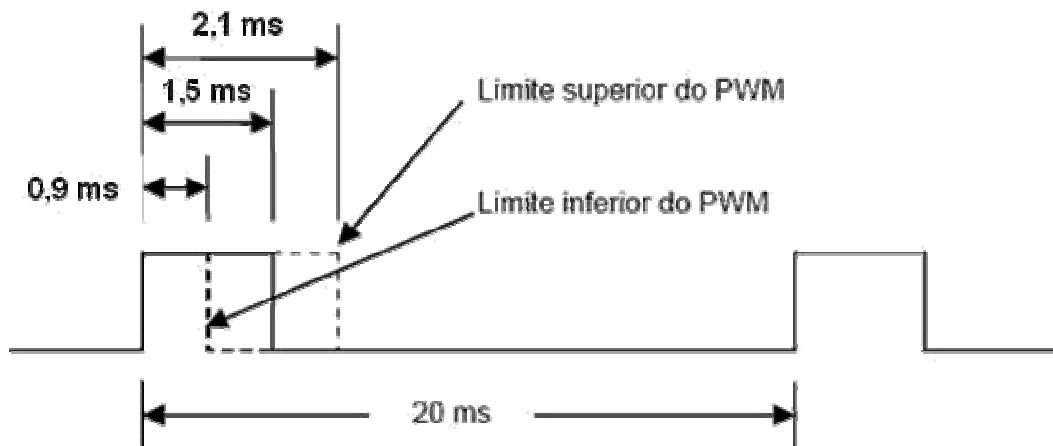


Figura 104: Sinais de entrada do servo HS-311

Os extremos, 0,9 e 2,1 ms, representam os limites de rotação, ou seja, quando aplicado um sinal de período 20 ms e largura de pulso 0,9 ms o giro do servo se dá em um sentido, posicionando-o no extremo desse sentido, que no caso é anti-horário. Ao ser utilizado um sinal com período de 20 ms e largura de pulso de 2,1 ms o giro do servo se dá no sentido horário, posicionando-o no outro extremo.

Valores intermediários realizam o posicionamento do giro em posições intermediárias.

Para que o giro do servo fique na posição central, segundo especificação do fabricante, deve ser aplicado um sinal com período de 20 ms e largura de pulso de 1,5 ms, ou seja, 7,5% do tempo o sinal deve estar em nível lógico alto e 92,5% em nível lógico baixo, o que significa duty cycle de 0.92, na prática foi aplicado um sinal com duty cycle 0.93.

7 LAYOUT DA INTERFACE COM USUÁRIO

7.1 Escolha da Linguagem de Programação

Para que o controle do veículo fosse intuitivo e fácil, tornou-se necessária a adoção de uma linguagem de programação com recursos visuais, ou seja, que fornecesse uma interface gráfica ao usuário.

Essa linguagem de programação deve fornecer suporte à comunicação serial, utilizando as portas COM do computador, para fazer a conexão com o módulo RF emissor.

Entre possíveis linguagens de programação que suportem interface gráfica, Visual Basic, Delphi, Java, C/C++, foi escolhida a linguagem Visual Basic por suprir os requisitos levantados e por apresentar grande quantidade de informações disponíveis na internet.

A comunicação serial é realizado com o uso do controle MSComm, que provém transmissão e recepção de dados através da porta serial do computador.

7.2 Visual Basic

O Microsoft Visual Basic é um pacote para desenvolvimento de aplicações visuais para ambiente Windows baseado na linguagem de programação Basic. É orientado a eventos, isto é, trata ocorrências que dão início a alguma rotina de trabalho: o programa fica parado até que algo aconteça. Permite o uso de objetos, mas não a sua criação, pois não é uma linguagem orientada a objetos.

Gera aplicativos cuja operação é determinada pela escolha de objetos gráficos e ações por parte do usuário.

O Visual Basic permite criar aplicativos para máquina local ou ambiente de rede. Estes aplicativos podem compartilhar banco de dados ou acessar um banco de dados cliente-servidor.

A aplicação desenvolvida para este trabalho utilizou a versão Enterprise do Microsoft Visual Basic 6.

7.3 Programação Orientada a Eventos

Em uma aplicação tradicional ou programada de forma procedural, a aplicação por si só controla que porções do código serão executadas. A execução começa na primeira linha de código e segue um caminho pré-definido através de toda a aplicação, chamando subrotinas conforme necessário.

Em uma aplicação orientada a eventos ou event-driven, as ações do usuário (comumente denominadas eventos) ativam procedimentos e rotinas associados a estes eventos e determinam o fluxo de execução do programa.

Isso significa que um programa desenvolvido com essa técnica terá seu fluxo determinado pelas ações do usuário.

Portanto, com base nisso, podemos definir um evento como sendo uma ação reconhecida por um controle, que nada mais é que um objeto adicionado ao formulário. Os diversos controles do Visual Basic (campos de entrada, lista de opções, caixas de seleção, etc.) reconhecem e respondem a um conjunto predefinido de eventos.

Do lado do usuário, um programa orientado a eventos é mais fácil de assimilar e utilizar, pois ele reflete a maneira como uma pessoa trabalharia no mundo real. Não há necessidade de se adaptar ao aplicativo.

7.4 Objetos

Objetos são estruturas que combinam propriedades e métodos. As propriedades são características dos objetos, que podem ser acessadas e/ou alteradas pelo programador tanto em tempo de projeto (quando o projeto está sendo desenvolvido) quanto em tempo de execução (quando o aplicativo está sendo executado).

Tabela 10: Objetos do Microsoft Visual Basic 6

Objeto	Descrição
Form	Janela da aplicação
CheckBox	Caixa ou campo de seleção
OptionButton	Opção para seleção
Label	Texto ou rótulo
ComboBox	Campo expansível para seleção de um valor
ListBox	Campo para expansão de um ou mais valores
CommandButton	Botão
TextBox	Caixa de texto
OLE	Indexação de objetos e arquivos
Timer	Objeto que executa ações repetitivas após certo tempo
PictureBox	Objeto para inserção de imagens no formulário
DriveListBox	Campo com a listagem de todos os drives do PC
DirListBox	Lista todos os diretórios do drive selecionado
FileListBox	Lista todos os arquivos do diretório selecionado
MSComm	Permite a comunicação com a porta serial do PC

Na figura 105 é mostrado o software Microsoft Visual Basic com o design de um aplicativo, neste aplicativo podem ser identificados objetos, no caso: form, check box, option box, label, combo box, list box, command button, text box, drive list box, dir list box, file list box, picture box, MSComm, timer e OLE.

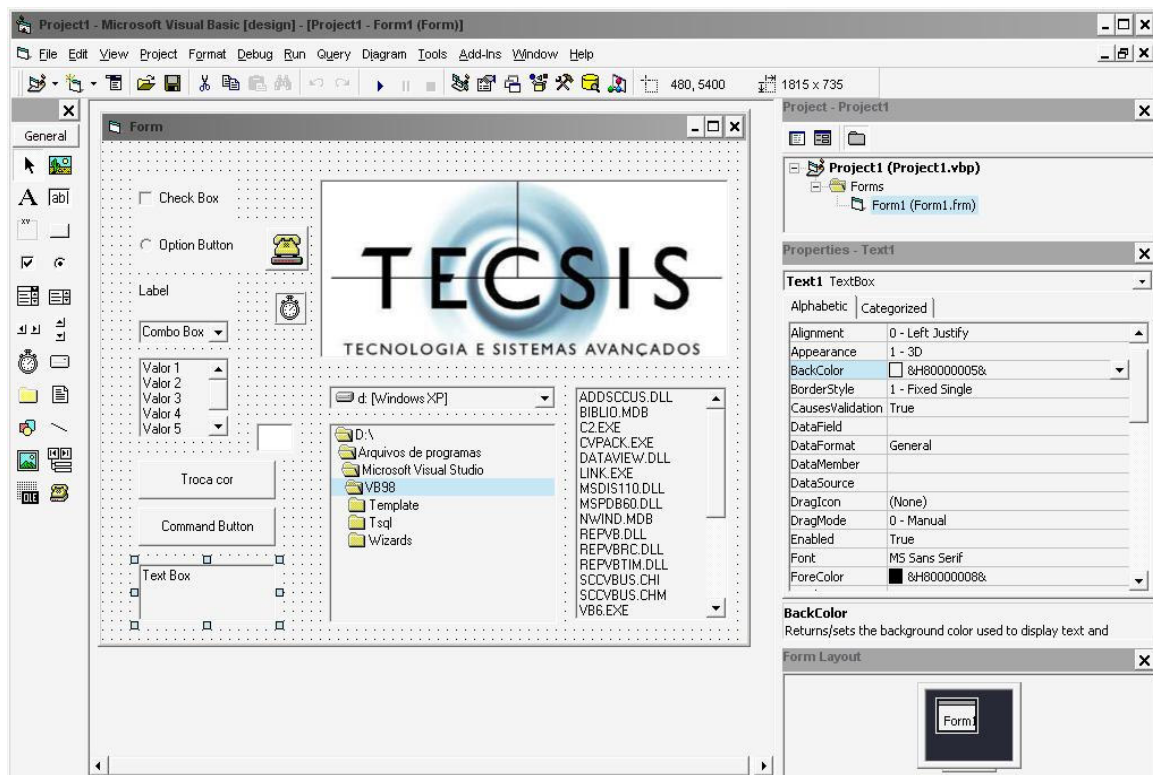


Figura 105: Objetos do Microsoft Visual Basic 6

7.5 Métodos

Os métodos determinam a realização de uma ação para um determinado objeto. Essa ação quem define é o programador.

São rotinas internas ao objeto que servem para executar determinadas ações

Tabela 11: Métodos do Microsoft Visual Basic 6

Método	Função
Text1.Text	Altera o texto do objeto Text1
Text1.BackColor	Altera a cor de fundo do objeto Text1
File1.Path	Altera o caminho dos arquivos a serem mostrados pelo objeto File1
Form1.Hide	Oculto o objeto Form1
Label1.Move 0,0	Posiciona o objeto Label1 nas coordenadas (0,0)
Command2.SetFocus	Posiciona o foco para o objeto Command2

Para programação em VB, usamos uma versão da linguagem Basic estruturada para a construção de procedimentos e funções que podem estar associados aos eventos dos objetos de sua aplicação. O VB também faz uma verificação automática de sintaxe dos comandos, e possui recursos avançados de compilação e rastreamento de erros.

Na figura 106 é mostrado o software Microsoft Visual Basic com o código da aplicação onde são notados os métodos guiados pelos eventos.

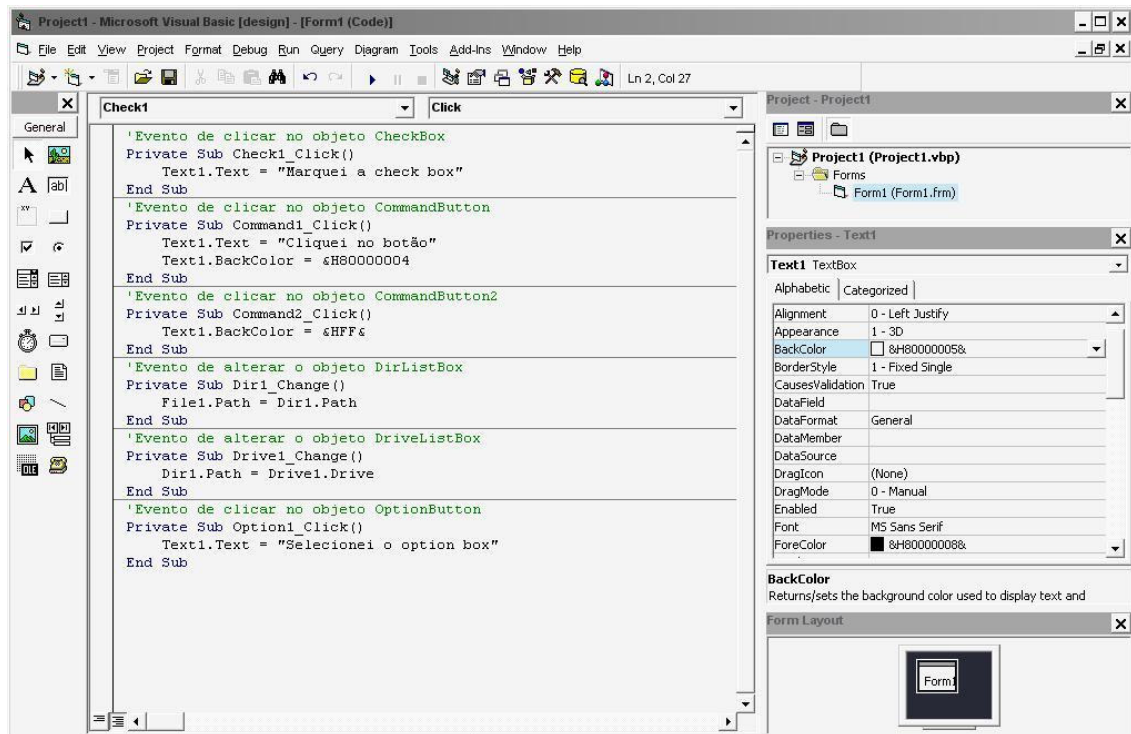


Figura 106: Métodos do Microsoft Visual Basic 6

7.6 Eventos

É uma ação reconhecida por um formulário ou por um controle, o agente da ação pode ser: o usuário ou o código.

Na figura 106, onde estão retratados os métodos, também estão demonstrados os eventos, que serão detalhados na tabela 12.

Tabela 12: Eventos do Microsoft Visual Basic 6

Evento	Gerador
Check1_Click()	Clique de mouse no objeto Check1
Command1_Click()	Clique de mouse no objeto Command1
Dir1_Change()	Alteração no objeto Dir1
Form1_KeyDown()	Captura de caracter proveniente do teclado no objeto Form1 quando ativo
Timer1_Timer()	Ciclo de contagem completo do objeto Timer1

7.7 Aplicação Exemplo

Pôde-se perceber que o primeiro passo no desenvolvimento de uma aplicação no Visual Basic consiste na criação dos formulários, aplicando-lhes os controles (botões

de ação, menus, caixas de listagem, caixas de combinação, e outros). Após isso passa-se ao desenvolvimento das rotinas que serão vinculadas aos controles do formulário.

Na figura 107 é mostrada a aplicação de exemplo desenvolvida para ilustrar o funcionamento do Visual Basic.

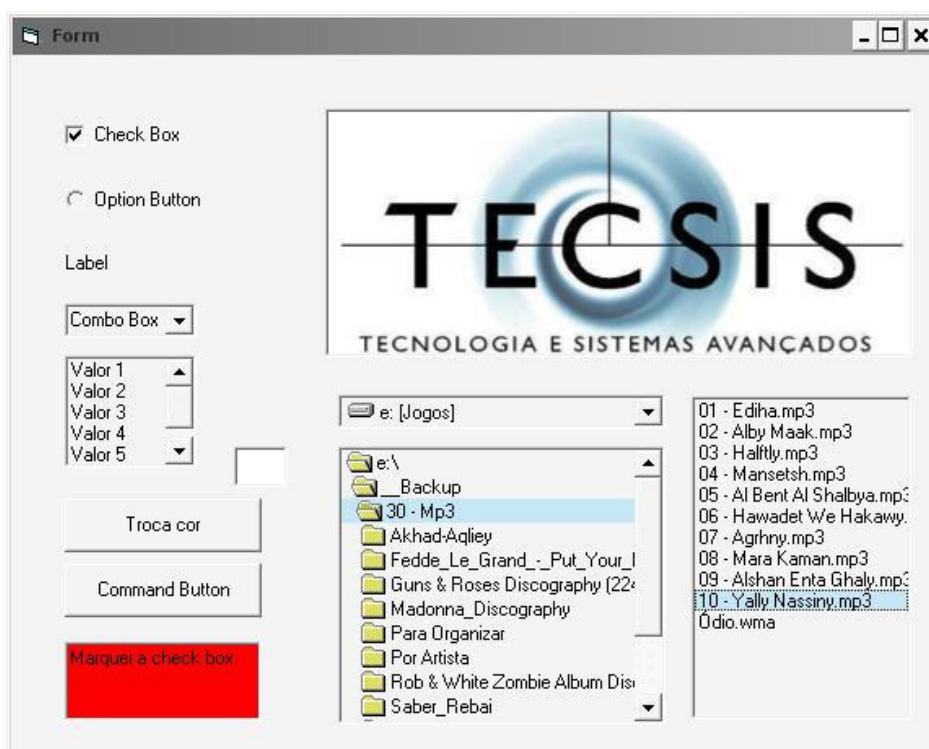


Figura 107: Programa exemplo em Microsoft Visual Basic 6

7.8 Controle MSComm

Esse controle possibilita à aplicação a transmissão e recepção de dados através da porta serial do computador (COM), essa comunicação é dirigida por eventos e possui propriedades, demonstradas a seguir.

Tabela 13: Propriedades do controle MSComm

Propriedade	Descrição
CommPort	Configura o número da porta COM
Settings	Configura a baud rate, parity, data bits, e stop bits
PortOpen	Configura o status da porta como TRUE ou FALSE
Input	Remove caracteres do buffer de entrada
Output	Escreve uma string de caracteres no buffer de saída

8 APLICAÇÃO REAL PARA CONTROLE DO RABBIT

8.1 Programa de Controle do Veículo de Vídeo-Inspeção

Foi desenvolvido um programa que executa a comunicação do computador com o Rabbit (Wireless Control Kit Application) através de comandos de entrada do usuário.

O formulário principal da aplicação coleta os dados entrados pelo usuário através do evento `Form_KeyDown()`, esses dados são interpretados e são transmitidos caracteres através da porta serial com o uso do controle `MSComm` (método `MSComm.Output`).

Além dessa transmissão há uma alteração visual na aplicação para proporcionar ao usuário a sensação de funcionamento do software. Essas alterações visuais se manifestam na alteração da cor de fundo do botão correspondente ao comando de teclado executado através do método `Command1.BackColor` por exemplo.

Outra alteração é proveniente da recepção de dados através da porta serial através do comando `MSComm.Input`, esses dados provêm do programa de controle carregado no Rabbit, que será explicado mais tarde.

A janela principal da aplicação de interface entre o computador e o Rabbit, denominada `TECSISControl`, é mostrada na figura 108.

Comandos: Direção do veículo, velocidade do veículo e rotação da câmera

- `Form_KeyDown()` – captura entrada do teclado e de acordo com o caracter digitado toma uma ação diferente, podendo incrementar a velocidade, alterar a rotação, ou simplesmente enviar caracter através da porta serial para o Rabbit;
- `MSComm.Output = "x"` – Envia o caracter x pela porta serial de acordo com a tabela abaixo, o Rabbit recebe esse caracter e atua de acordo com a situação.

Tabela 14: Caracteres enviados pela porta serial de acordo com o evento

Caracter	Evento
a	Acelerar veículo para frente (8)
c	Virar veículo para esquerda (4)
d	Virar veículo para direita (6)
e	Parar veículo (0)

f	Aumentar velocidade do veículo (+)
g	Reduzir velocidade do veículo (-)
l	Virar câmera para esquerda (Delete)
m	Virar câmera para esquerda (Page Down)
n	Centralizar Câmera (End)



Figura 108: Interface com o usuário

Além da janela principal do aplicativo existem janelas auxiliares que apresentam funções importantes.

A janela de configuração ajusta as propriedades do objeto MSComm, tais como CommPort e Settings.



Figura 109: Janela de configuração do software TECSISControl

A janela de comandos ilustra ao usuário os comandos e funções disponíveis no aplicativo.

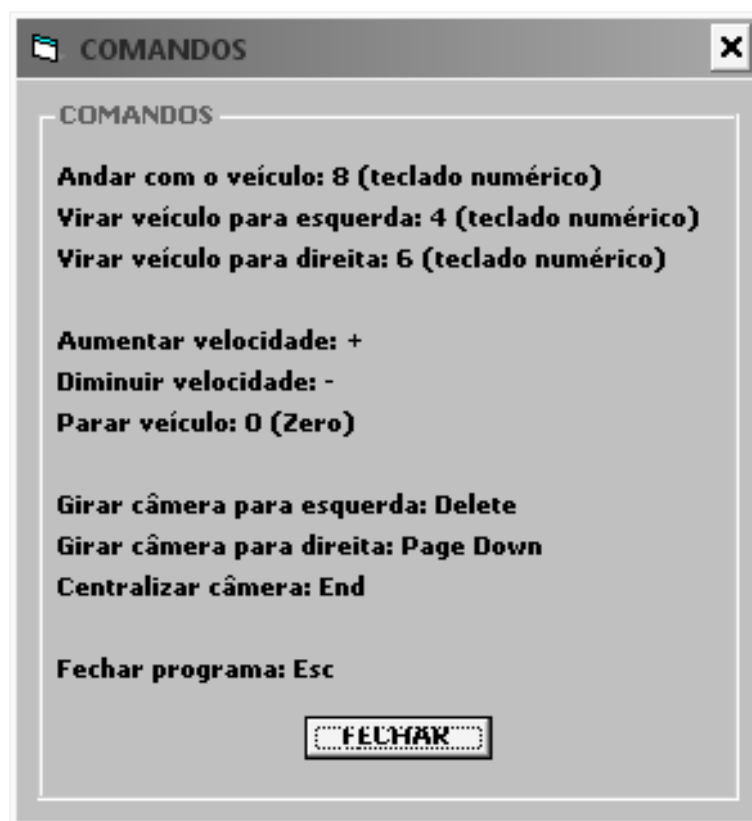


Figura 110: Janela de comandos do software TECSISControl

8.2 Programa de Controle no Rabbit

O Rabbit apresenta cinco portas seriais prontas para o uso, são elas A, B, C, D e E. Para a recepção de caracteres enviados pela porta serial do computador será usada a porta C do Rabbit.

Na tabela 15 contam as funções da biblioteca RS232.LIB utilizada para comunicação RS-232, onde X representa umas das cinco portas seriais disponíveis.

Tabela 15: Funções da porta serial do Rabbit

Função	Descrição
cof_serXgetc	Realiza outras tarefas até que um caractere seja escrito com sucesso na porta X
cof_serXgets	Realiza a leitura dos caracteres de entrada na porta X até que um terminador nulo, linefeed, carriage return, número máximo de caracteres ou tempo máximo entre caracteres aconteça. Realiza outras tarefas enquanto não há caracteres na porta X
cof_serXputc	Escreve um caractere na porta X, cedendo a outras tarefas quando o input buffer é bloqueado
cof_serXputs	Escreve uma string com terminação nula na porta X, retorna a outras tarefas enquanto o buffer está bloqueado
cof_serXread	Executa a leitura de um dado comprimento de caracteres na porta X
cof_serXwrite	Escreve um dado número de caracteres na porta X, direciona para outras tarefas enquanto o buffer está bloqueado ou cheio
serCheckParity	Testa se a paridade da porta serial está correta com um caractere de 8 bits
serXclose	Desativa a porta serial X
serXdatabits	Configura o número de data bits para a porta X, podem ser 7 ou 8
serXdmaOff	Pára transferências DMA e desaloca os canais, após isso as interrupções seriais são reiniciadas
serXdmaOn	Ativa DMA para recepção e envio
serXflowcontrolOff	Desativa o controle de fluxo por hardware para a porta X
serXflowcontrolOn	Ativa o controle de fluxo por hardware para a porta X
serXgetc	Lê o próximo caractere do buffer de leitura da porta X
serXgetError	Retorna um byte de “errors flags” contendo todos os erros desde sua última chamada
serXopen	Abre a porta serial X
serXparity	Seta o modo de paridade para a porta X
serXpeek	Retorna o primeiro caractere do buffer de entrada da porta serial X
serXputc	Escreve um caractere no buffer de escrita da porta serial X
serXputs	Escreve uma string no buffer de escrita da porta serial X
serXrdFlush	“Flusha” a porta serial X
serXrdFree	Calcula o número de caracteres do espaço de dados não usado
serXrdUsed	Calcula o número de caracteres prontos para serem lidos do buffer de leitura da porta serial X
serXread	Lê um número dado de bytes da porta serial X
serXwrFlush	“Flusha” o buffer de transmissão da porta serial X, ou seja, o conteúdo desse buffer não será enviado
serXwrFree	Calcula o espaço livre no buffer de transmissão da porta serial X
serXwrite	Transmite um dado número de bytes para a porta serial X

No Rabbit há um programa carregado que executa constantemente a leitura da porta serial através da função `serXgetc()`, dependendo do caracter lido toma uma decisão, de acordo com a tabela 15, formatando a configuração adequada dos atuadores do veículo através dos valores presentes nas portas de saída da placa de prototipagem.

A linguagem de programação utilizada para confecção do programa carregado no Rabbit é a linguagem C, e o software para carregar o programa é o Dinamyc C versão 9.52.

Abaixo é demonstrado um trecho do código presente no Rabbit.

```
while (serCgetc() != 27) { // Termina com recebimento de Esc
    switch ( serCgetc() ) {
        case 'a':
            serCputs("COMANDO: Acelerar para frente          ");
            pwmOut ( Motor1, 1.00 );      // Envia sinal PWM para o driver
            pwmOut ( Motor2, 0.00 );      // Envia sinal PWM para o driver
            digOut ( 0, 0 );               // Acende LED 0
            digOut ( 3, 0 );               // Acende LED 3
            break;
        case ...
            ...
            break;
    } // switch
} // while
```

Enquanto não é recebido o caracter Esc, representado pelo código ascii como 27, o programa não sai do loop infinito de leitura da porta serial C, e a cada caracter recebido, a, b, c, até m, conforme tabela 5, é tomada uma decisão de configuração das portas de saída do Rabbit, executando uma configuração particular das mesmas.

```

Dynamic C Version 9.52 - [C:\19 - Arquivos\92 - TF009 - Prograão\902 - C\Testes C\Recepcao_serial_V1.c *]
File Edit Compile Run Inspect Options Window Help

// Change default storage for local variables to "auto"
#define C1 0
#define D1 1
#define CINBUFSIZE 15
#define COUTBUFSIZE 15

void main()
{
    const static char s[] = "Serial Funcionando";
    unsigned long freq;

    // This is necessary for initializing RS232 functionality of LP35XX boards.
    #if _BOARD_TYPE_ == 0x1200 || _BOARD_TYPE_ == 0x1201
        brdInit();
    #endif
    serCopen(9600);
    serCwrFlush();
    serCrdrFlush();
    serMode(0); //enable serial device

    serCputs(s);

    freq = pwmOutConfig(30000ul);
    serCputs("Frequencia do PWM:" & freq & " Hz");

    while (serCgetc() != 27) { // Exit on Esc
        switch(serCgetc()){
            case 'a':
                serCputs("COMANDO: Acelerar para frente");
                pwmOut(C1, 1.00);
                pwmOut(D1, 0.00);
                digOut(0, 0);
                digOut(3, 0);
                break;
            case 'b':
                serCputs("COMANDO: Acelerar para trás");
                pwmOut(C1, 0.00);
                pwmOut(D1, 1.00);
                digOut(1, 0);
                digOut(2, 0);
                break;
            case 'c':
                serCputs("COMANDO: Virar para esquerda");
                digOut(0, 1);
                digOut(1, 1);
                digOut(2, 1);
                digOut(3, 1);
                pwmOut(C1, 0.50);
        }
    }
}

```

Default Line: 17 Col: 19 Modified Insert COM3: 115200

Figura 111: Software Dinamyc C 9.52 utilizado na programação e carregamento do Rabbit

9 DRIVER DOS MOTORES DE LOCOMOÇÃO

9.1 Função

A função do driver dos motores é conectar o circuito eletrônico (Rabbit - digital) com os motores (analógico), onde a entrada é um sinal PWM (Pulse With Modulation) proveniente do Rabbit e a saída é uma tensão elétrica variável aplicada aos motores.



Figura 112: Função do driver e sinais de entrada e saída

O circuito integrado escolhido para desempenhar essa função foi o L298N, cujo datasheet encontra-se no ANEXO C.

9.2 PWM – Pulse With Modulation

O PWM é uma poderosa técnica para controlar circuitos analógicos a partir de circuitos digitais, é utilizado num vasto campo de aplicações, controle de motores, medidas de temperaturas, comunicações, e outros.

Um sinal analógico é um valor que varia no tempo, com resolução infinita na magnitude. Uma pilha de 9 Volts é um exemplo disso, a sua saída não é exatamente 9V, pois varia com o tempo.

Um circuito analógico, por mais intuitivo e simples que seja, nem sempre é atrativo economicamente, nem prático, e tende a “desafinar” com o passar do tempo devido ao desgaste de seus componentes.

Os circuitos analógicos tem tendência a aquecer, pois o calor dissipado por cada elemento ativo é proporcional à tensão e à corrente que por ele passa, sendo também sensíveis ao ruído, devido à sua resolução infinita.

Por sua vez, utilizando circuitos digitais, o custo do equipamento e o consumo irão ser bastante reduzidos em relação aos analógicos, e muitos microcontroladores,

como o presente no Rabbit, possuem um módulo de PWM, o que facilita muito a implementação de circuitos de controle.

De uma maneira simples, o PWM é uma forma de codificar um sinal analógico com sinais digitais. O duty cycle de uma onda quadrada é determinado de forma a codificar um sinal analógico.

Um sinal PWM continua a ser um sinal digital, pois num dado instante vale 1 ou 0. O valor 1 é o tempo durante o qual a carga é alimentada, e o valor 0 é o tempo durante o qual a carga não é alimentada.

Assim, qualquer sinal analógico pode ser codificado num sinal digital, como se pode ver na figura 113.

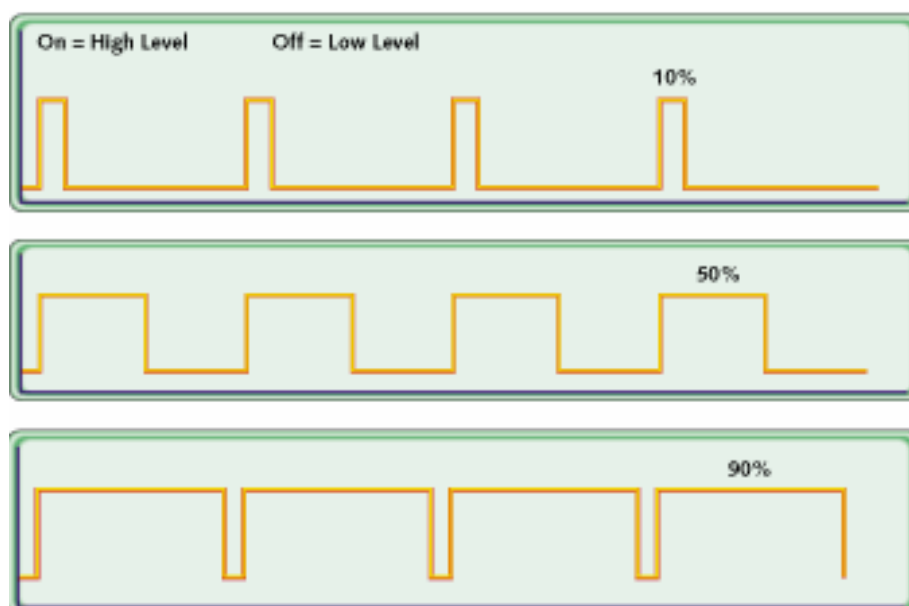


Figura 113: Sinais PWM com vários Duty Cycles

O primeiro sinal da figura é um sinal PWM com 10% de duty cycle, ou seja, durante 10% do valor do período este encontra-se em 1 e 90% do período encontra-se em 0.

O segundo e terceiro sinais representam também sinais PWM, agora com 50% e 90% de duty cycle, respectivamente. Todos estes sinais representam um sinal analógico diferente.

9.4 Circuito do Driver (Projetado)

O circuito do driver projetado contempla o controle de dois motores, pois o CI escolhido, L298N, possui duas pontes H, possibilitando o controle de dois motores com um único circuito impresso.

Os motores terão o controle agindo sobre seu sentido de rotação, ou seja são motores bi-direcionais, e também, terão sua velocidade controlada através da intensidade da voltagem aplicada em seus terminais pelas saídas do L298N.

Os sinais de entrada, provenientes do Rabbit são dois sinais PWM, um para o controle de cada motor, porém para formatar a lógica de saída são necessárias duas entradas para cada ponte H, C e D, conforme figura 114. Portanto será executada uma lógica sobre a entrada PWM, espelhando-a negativamente, ou seja, com o auxílio de um circuito integrado inversor, no caso foi utilizado o SN74HC04N, seu datasheet está no ANEXO D.

Desta forma o sinal é demonstrado na figura 115.

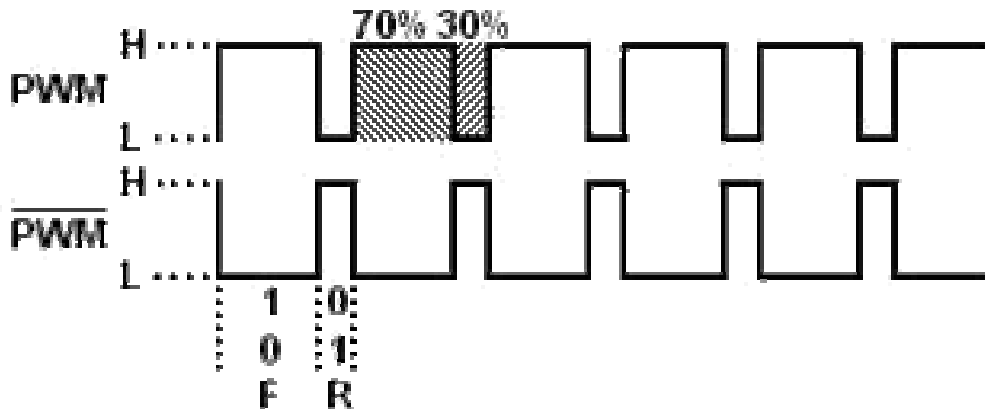


Figura 115: Composição das entradas PWM e -PWM na entrada do L298N

Foi considerado, como exemplo, um sinal PWM com duty cycle de 30% (sinal superior na figura), e este foi invertido com o uso do SN74HC04N, gerando um sinal PWM=-PWM com duty cycle de 70%, desta forma, hora a combinação dos dois sinais será (C,D)=(1,0), hora (C,D)=(0,1), e, devido à alta frequência do sinal PWM em questão o valor da tensão na saída será um valor médio com 70% do tempo (C,D)=(1,0), ou seja, o motor se move em sentido normal (forward) com 70% da intensidade nominal de tensão, $12V \cdot 70\% = 8,4V$.

Dessa lógica, conclui-se que para um PWM de entrada com duty cycle menor que 50%, o motor move-se em sentido normal e para valores de duty cycle maiores que 50% move-se em sentido reverso. Ainda existe o caso quando o duty cycle é igual a 50%, neste caso o motor ficará parado, pois $C=D$.

Desta forma é possível controlar dois motores, em sentido e velocidade com apenas dois sinais PWM, sendo um aplicado em cada motor.

O circuito completo do driver projetado é apresentado na figura 116.

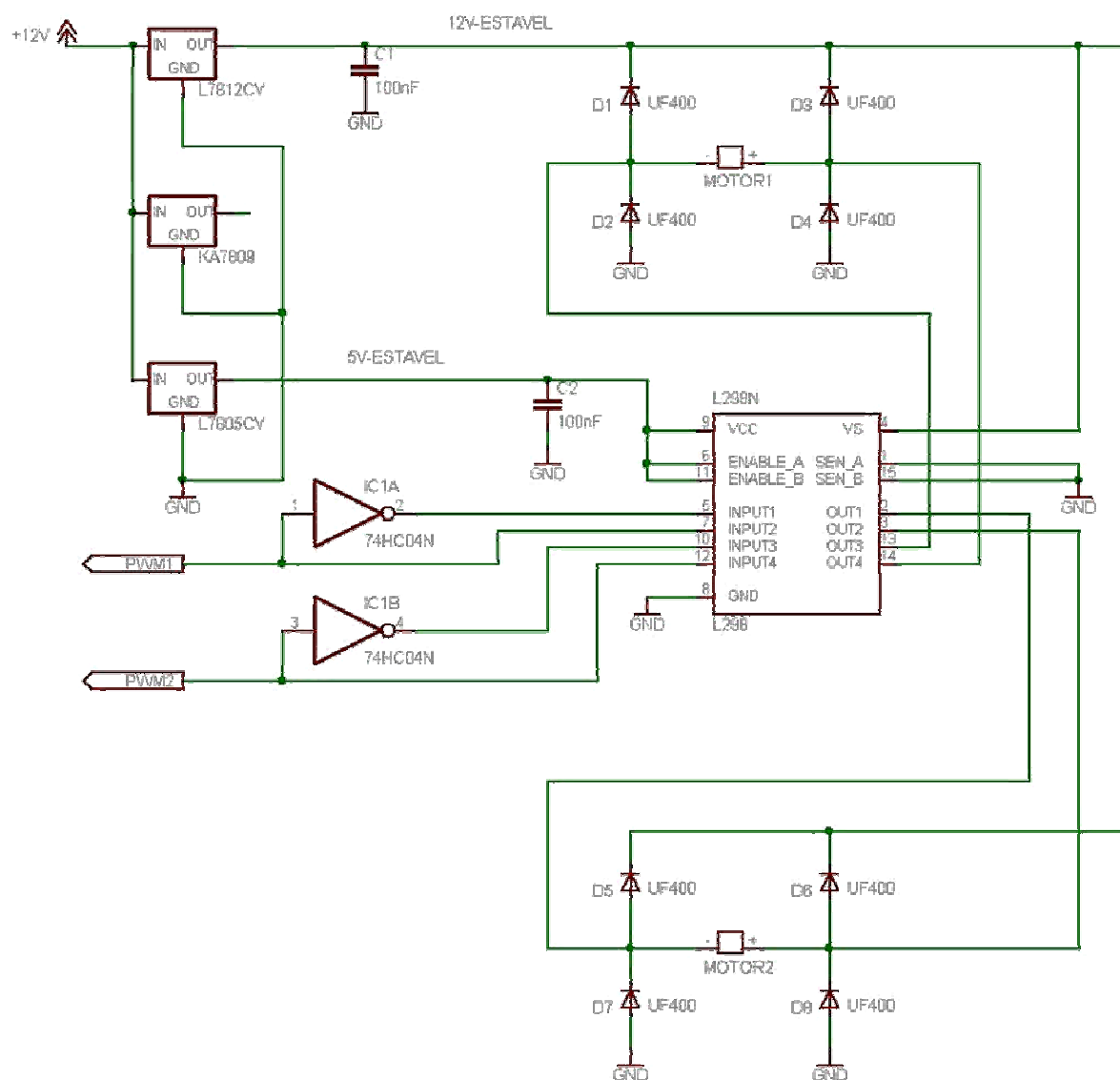


Figura 116: Circuito completo do driver projetado

Nota-se que além dos circuitos integrados citados até o presente momento, L298N e SN74HC04N, também foram utilizados outros modelos, no caso reguladores de tensão da série L7800, o datasheet está no ANEXO E.

Esses reguladores de tensão foram necessário para converter a tensão de entrada de 12V, proveniente da bateria, para outros níveis de tensão, 12V estabilizado (para alimentação dos motores e do L298N), 5V estabilizado (para utilizar como VCC no L298N e alimentação do SN74HC04N) e 9V estabilizado (que será utilizado para alimentação de outro sistema).

Os diodos utilizados, UF400, são diodos rápidos, com $t_{rr} \leq 200ns$, e suportam corrente de até 1A. Estes foram utilizados no ponto de ligação entre os motores e a ponte H para prevenir a queima do L298N pelas tensões geradas pela força contra eletro motriz do motor.

Essa força é gerada pela inércia do motor, quando o motor está em movimento e seus terminais são abertos; a continuação do movimento gera tensões em seus terminais, essas tensões são chamadas de força contra eletro motriz.

A placa montada do driver projetado é mostrada na figura 117.

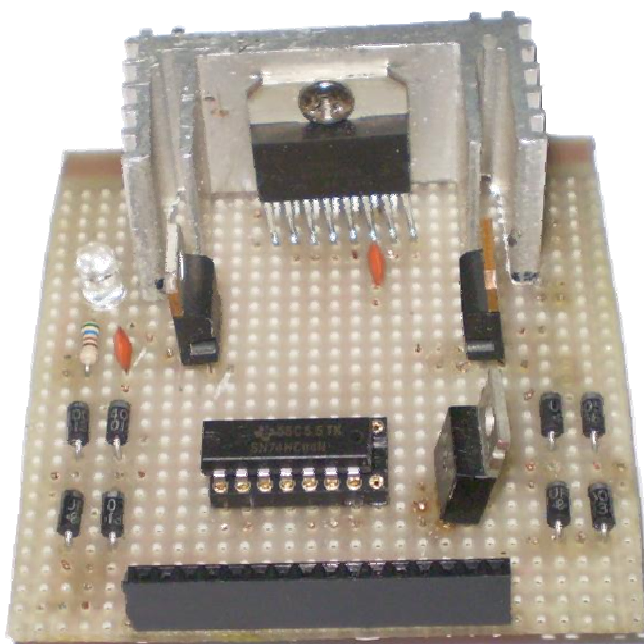


Figura 117: Placa montada do driver projetado

Há, portanto, dois sinais de entrada, PWM1 e PWM2, que controlam, respectivamente, os motores 1 e 2.

A alimentação da placa é realizada pelos fios amarelo e preto, indicados na figura como +12V e GND.

As saídas para os motores se dão por meio de dois pares de fios, um par para cada motor, indicados na figura por Motor1 e Motor2.

9.5 Esquema de ligação

Todas as ligações elétricas do veículo são centralizadas no driver dos motores, ou seja, o driver é alimentado com 12 V pela bateria e converte essa tensão em outros níveis, 9 V (para o transmissor RF) e 5 V (servo). Os sinais PWM também são ligados ao driver para posterior distribuição, essa foi uma forma de organizar as ligações do circuito.

Na figura 118 são mostrados todos os conectores do circuito ligados ao driver.

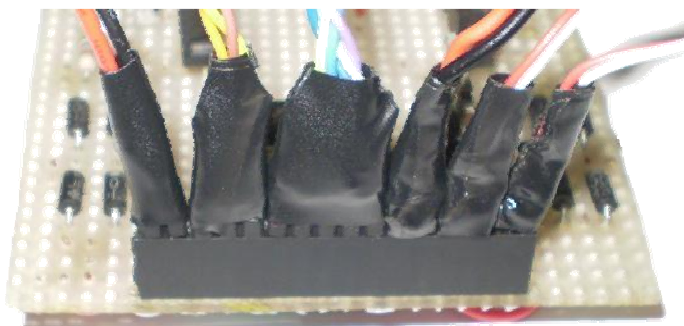


Figura 118: Conectores do circuito ligados ao driver

A ordem das cores para ligação é apresentada na figura 119.

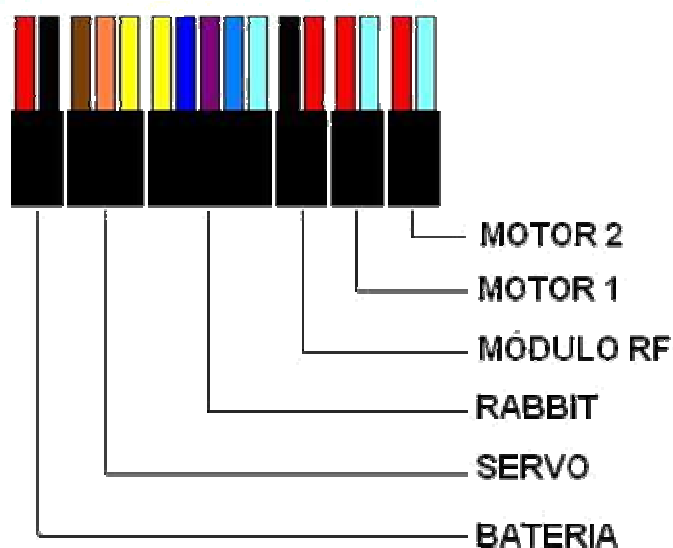


Figura 119: Ordem das cores para ligação ao driver

9.6 Circuito completo presente no veículo

O circuito completo dos componentes que ficarão no veículo é demonstrando na figura a 120.

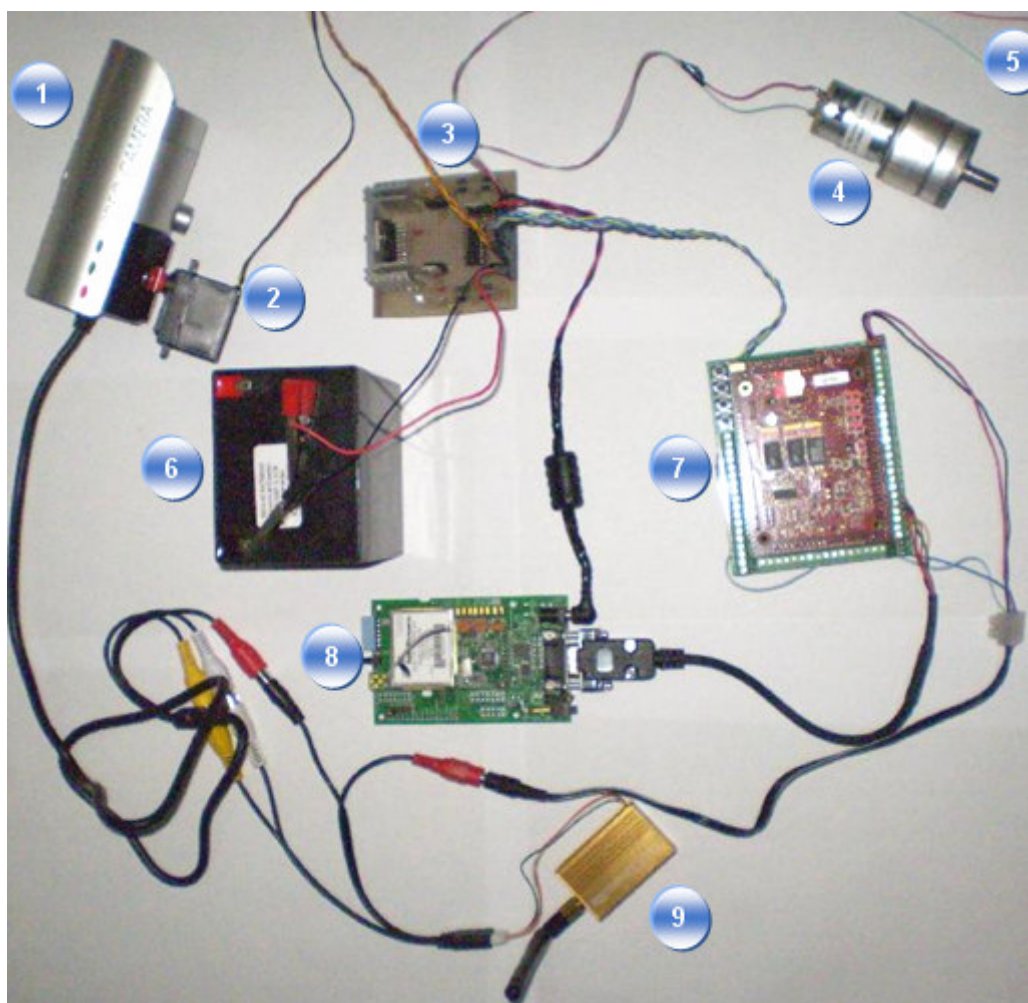


Figura 120: Componentes presentes no veículo

Tabela 16: Listagem de componentes presentes no veículo

Número	Componente
1	Câmera
2	Servo
3	Driver
4	Motor 1
5	Motor 2
6	Bateria
7	Rabbit
8	Módulo RF
9	Transmissor

9.7 Circuito completo presente junto ao operador

Junto ao operador do veículo ficarão equipamentos para recepção e emissão de sinais.

Esses equipamentos, para facilitar o manuseio, foram agrupados em uma caixa de madeira, que pode ser visualizada na figura 121.



Figura 121: Equipamentos agrupados na caixa

Os equipamentos presentes nessa caixa são: receptor de sinais de vídeo provenientes da câmera, módulo RF e placa de captura.

10 RESULTADOS

10.1 Visão geral

Como resultados deste trabalho de formatura têm-se: o projeto mecânico, o projeto eletrônico, o software de controle, o projeto de captura de imagem. Todos eles já detalhados no escopo desse documento.

Houve uma primeira solução proposta apresentada à TECSIS por volta de abril de 2007, tendo boa aceitação, surgindo apenas pequenas observações quanto à adequação do projeto às necessidades impostas, isso porque surgiram novas imposições de atendimento de especificações de projeto. O principal impacto causado no projeto inicial foi a omissão da presença do pára-raio ao longo de toda a pá, por isso o veículo foi projetado sem atender a nova especificação de cerca de 45 mm de altura do chassi com relação à longarina, causando um grande retrabalho para o projeto mecânico.

Essa mesma apresentação inicial foi realizada ao professor orientador, que nos sugeriu mudanças pertinentes, entre elas a alteração dos motores de passo para motores CC e aumento da robustez do veículo devido ao ambiente de operação.

A programação do wireless control application kit foi realizada com sucesso, assim como sua integração com o driver dos motores.

O sistema de visão foi requisitado inicialmente em 10 de agosto, porém até o início de novembro não foi comprado, tendo desta forma o grupo adquirido e pedido reembolso à TECSIS.

As peças mecânicas foram fabricadas na oficina da engenharia naval da Escola Politécnica da USP com auxílio do engenheiro Márcio Firmino.

A integração final foi realizada com sucesso e o projeto final foi entregue para a empresa Tecsis no dia 21/12/2007.

10.2 Custo final

Tabela 17: Custo Final

Produto	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Câmera Ccd CHIP SONY Color Day/Night 20 Metros Infravermelho 480 Linhas 1/3	1	R\$ 185,00	R\$ 185,00
Fonte 12 Volts 1 Amper Estabilizada Hayonik	2	R\$ 21,00	R\$ 42,00
Transmissor e Receptor de 1000m á 2.4ghz	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Placa de Captura USB 30 Frames para 4 Câmeras Acesso Browser	1	R\$ 275,00	R\$ 275,00
SEDEX	1	R\$ 13,80	R\$ 13,80
EMIÇÃO NOTA FISCAL	1	R\$ 56,16	R\$ 56,16
HS-311 Standard Servo	1	R\$ 44,12	R\$ 44,12
Chapa de alumínio 3mm	1	R\$ 18,00	R\$ 18,00
Barra quadrada de Alumínio (suportes)	1	R\$ 22,00	R\$ 22,00
Barra redonda aço (eixos)	1	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Rolamentos	1	R\$ 87,00	R\$ 87,00
Polias	4	R\$ 66,50	R\$ 266,00
Engrenagens cônicas	4	R\$ 4,86	R\$ 19,44
Motor CC: MR 101-140M-PT	2	R\$ 125,00	R\$ 250,00
Parafusos, arruelas, porcas e retentores	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Correias	2	R\$ 35,00	R\$ 70,00
Usinagem	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Bateria selada Energy Power 12V 6Ah	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Carregador 12V	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Wireless Control Application Kit	1	R\$ 1.700,00	R\$ 1.700,00
Dissipador	1	R\$ 2,50	R\$ 2,50
Diodos UF400	12	R\$ 0,40	R\$ 4,80
Placa Universal	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Capacitor 100nF	6	R\$ 0,20	R\$ 1,20
Regulador de tensão	6	R\$ 1,30	R\$ 7,80
Inversor	2	R\$ 1,00	R\$ 2,00
Base 6 pinos	2	R\$ 1,20	R\$ 2,40
Garra jacaré para bateria	2	R\$ 0,70	R\$ 1,40
Pasta térmica 10gr	1	R\$ 1,70	R\$ 1,70
Cabo - Auto 0,3mm (22 AWG)	2	R\$ 0,50	R\$ 1,00
Barra de pinos	1	R\$ 17,00	R\$ 17,00
Placa Fenolite 10 x 15	1	R\$ 3,90	R\$ 3,90
TOTAL			R\$ 3.697,22

11 BIBLIOGRAFIA

11.1 Livros

NORTON, R. L. Projeto de máquinas: uma abordagem integrada, 2.ed, Bookman, 2003.

SHIGLEY, J. E. Mechanical engineering design, 6.ed, New York: McGraw-Hill, 2002.

JUVINALL, R. C. MARSHEK, K. M., Fundamentals of machine component design, 2.ed, New York: John Wiley & Sons, 1991.

PERRY, G. Sams teach yourself visual basic 6 in 21 days, 1.ed, Sams, ago. 1998.

11.2 Trabalhos de Formatura

NISHIMURA, C. M. O.; JÚNIOR, J. R. M.; JÚNIOR, R. V. dos S. Projeto e fabricação de robô de inspeção de locais perigosos. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, dez. 2004.

JÚNIOR, C. A. C. Prótese Mecânica para reabilitação robótica. Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília, p. 44-45 jun. 2005.

PIERI, E. R. de. Curso de Robótica Móvel. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em engenharia elétrica, mar. 2002.

GUERREIRO, J.; OLIVEIRA, L. Sistema de controlo de potência de motores DC. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, out. 2003.

11.3 Apostilas

FERNANDES, A. R. Programar em Visual Basic. Departamento de informática. Universidade do Minho. 2001.

MEGGIOLARO, M. A. Tutorial em robôs de combate. Equipe RioBotz PUC-Rio, ago. 2006.

PERES, M. P. Treinamento básico. Guia do CFTV, revisão 2.1, jan. 2007. Disponível em: <<http://www.guiadocftv.com.br/downloads/CFTV-Basico-2007.pdf>>. Acesso em: setembro de 2007.

TEXAS INSTRUMENT. Implications of slow or floating CMOS inputs, fev. 1998. Disponível em: <<http://focus.ti.com/lit/an/scba004c/scba004c.pdf>>. Acesso em outubro de 2007.

MAXSTREAM. Indoor path loss, set. 2003. Disponível em :
<[http://www.maxstream.net/support/knowledgebase/files/XST-AN005a-Indoor.pdf%20\(334.50KB\).pdf](http://www.maxstream.net/support/knowledgebase/files/XST-AN005a-Indoor.pdf%20(334.50KB).pdf)>. Acesso em: agosto de 2007.

11.4 Datasheets

STMICROELECTRONICS. Dual full-bridge driver. L298 datasheet, 2000.

TEXAS INSTRUMENT. SN54HC04, SN74HC04 hex inverters, jul. 2003.

SGS-THOMSON. L7800 series. Positive voltage regulators, 1997.

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR. KA78XX/KA78XXA 3-terminal 1A positive voltage regulator, jun. 2001.

RABBIT SEMICONDUCTOR. Wireless Control Application Kit Data Sheet. Disponível em:
<http://www.rabbitsemiconductor.com/products/WC_App_Kit/WCAppKit_DS.pdf>.
Acesso em: março de 2007.

RABBIT SEMICONDUCTOR. Camera Interface App Kit Data Sheet. Disponível em:
<http://www.rabbitsemiconductor.com/products/Camera_Interface_App_Kit/Camera_Interface_App_Kit_DS.pdf> Acesso em: maio de 2007.

11.5 Catálogos

INCOMETAL. Catálogo Técnico de Alumínio Extrudados e Laminados. Disponível em: <<http://www.incometal.com.br/catalogo/cattec.pdf>>. Acesso em: março de 2007.

11.6 Internet

MACORATTI, J. C. VB-6 Capturando imagens de uma web cam, 2003. Disponível em: <http://www.macoratti.net/07/08/vb_wbc1.htm>. Acesso em: setembro de 2007.

BANTZ, E. J. Programando vídeo para Windows, jul. 2002. Disponível em: <http://www.macoratti.net/07/08/vb_wbc1.htm>. Acesso em: outubro de 2007.

HOYLMAN, J. Understanding and using visual basic. Sending data to a microcontroller. Disponível em: <http://www.rentron.com/sending_data.htm>. Acesso em: outubro de 2007.

MACORATTI, J. C. Usando o controle MSComm no Visual Basic. Disponível em: <<http://www.kitmcu.com.br/files/vb/Usando%20o%20controle%20MSComm.htm>>.
Acesso em: outubro de 2007.

YES TELECOM. MSCOMM32.OCX MSComm Control. How the mscomm.ocx works. Disponível em <<http://www.yes-tele.com/mscomm.html>>. Acesso em: outubro de 2007.

RABBIT SEMICONDUCTOR. Wireless Control Application Kit Getting Started (900 MHz XCite™ RF Modules). Disponível em:

<<http://www.rabbitsemiconductor.com/documentation/docs/appkits/WirelessControl/RFXCiteGS.pdf>>. Acesso em: março de 2007.

RABBIT SEMICONDUCTOR. Wireless Control Application Kit Getting Started (2.4 GHz XStream™ RF Modules). Disponível em:

<<http://www.rabbitsemiconductor.com/documentation/docs/appkits/WirelessControl/RFXStreamGS.pdf>> Acesso em: março de 2007.

RABBIT SEMICONDUCTOR. LP3500 Fox User's Manual. Disponível em:

<<http://www.rabbitsemiconductor.com/documentation/docs/manuals/LP3500/LP3500UM.pdf>> Acesso em: março de 2007.

RABBIT SEMICONDUCTOR. LP3500 Schematic. Disponível em:

<<http://www.rabbitsemiconductor.com/documentation/schemat/090-0150.pdf>>

Acesso em: março de 2007.

RABBIT SEMICONDUCTOR. AN414 - Wireless Control Application Kit. Disponível em:

<<http://www.rabbitsemiconductor.com/documentation/docs/refs/AN414/AN414.pdf>>

Acesso em: março de 2007.

RABBIT SEMICONDUCTOR. Dynamic C User's Manual. Disponível em:

<<http://www.rabbitsemiconductor.com/documentation/docs/manuals/DC/DCUserManual/DCPUM.pdf>> Acesso em: março de 2007.

RABBIT SEMICONDUCTOR. Camera Interface Application Kit Getting Started. Disponível

em:<<http://www.rabbitsemiconductor.com/documentation/docs/appkits/CameraInterface/CameraInterfaceGS.pdf>> Acesso em: maio de 2007.

D-LINK. DCS-6620G: Securicam Network Wireless G 10x Optical Zoom Internet Camera. Disponível em: <ftp://ftp10.dlink.com/pdfs/products/DCS-6620G/DCS-6620G_ds.pdf> Acesso em: junho de 2007.

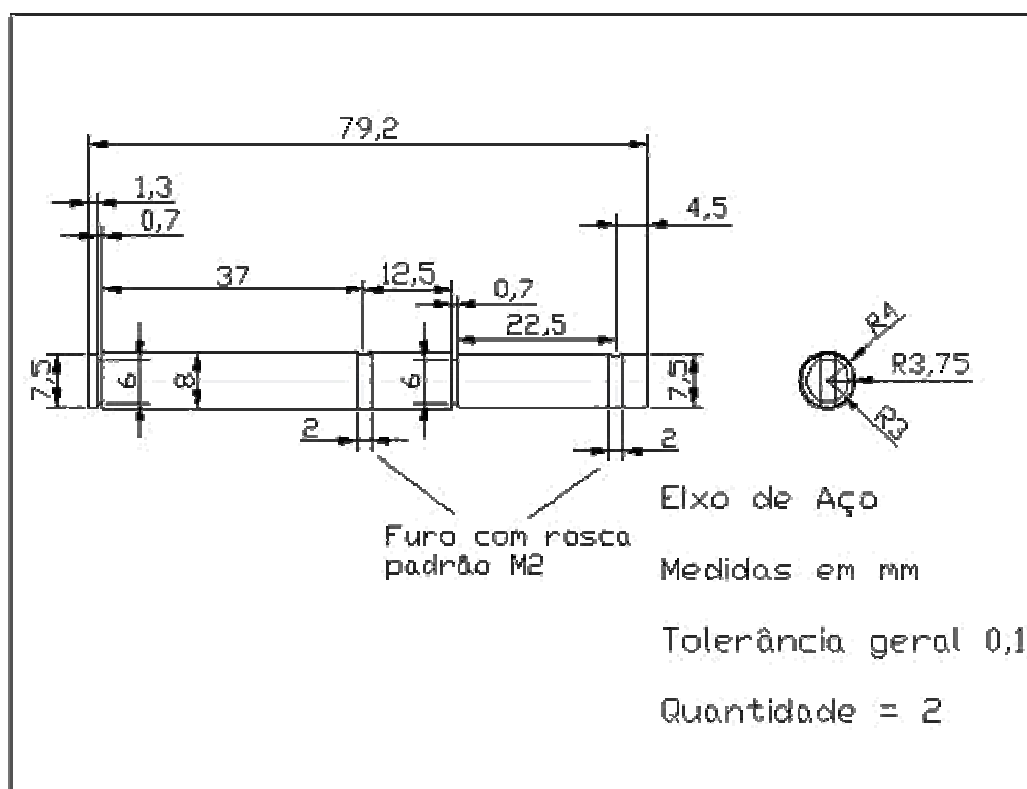
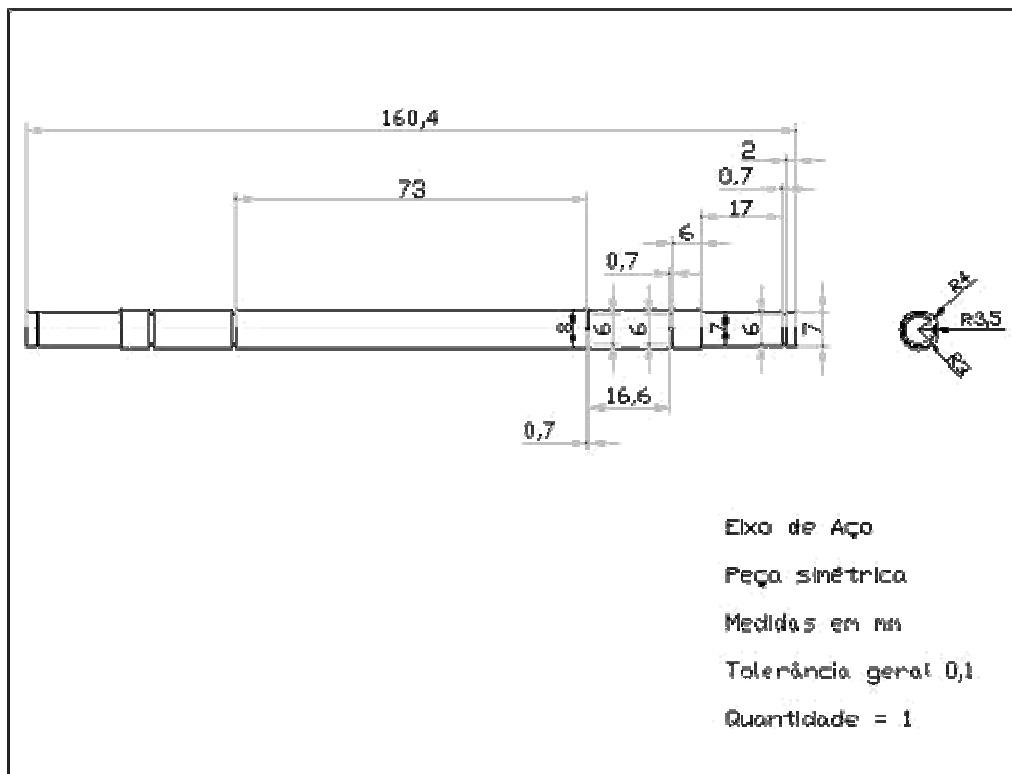
D-LINK. DCS-5300G: Securicam Network High Speed 2.4GHz (802.11g) Wireless Internet Camera. Disponível em: <ftp://ftp10.dlink.com/pdfs/products/DCS-5300G/DCS-5300G_ds.pdf>. Acesso em: junho de 2007.

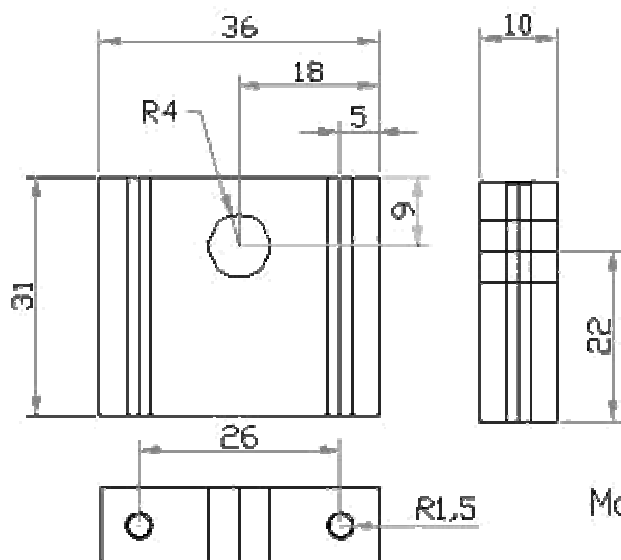
D-LINK. DCS-5220: Securicam Network Wireless Pan/Tilt Internet Camera. Disponível em: <ftp://ftp10.dlink.com/pdfs/products/DCS-5220/DCS-5220_ds.pdf> Acesso em: junho de 2007.

D-LINK. DCS-950G: Securicam Network 802.11g Wireless Internet Camera. Disponível em: <ftp://ftp10.dlink.com/pdfs/products/DCS-950G/DCS-950G_ds.pdf>. Acesso em: junho de 2007.

ANEXO B – DOCUMENTAÇÃO MECÂNICA

Nesta seção, encontram-se os desenhos técnicos de todas as peças que fazem parte do robô.



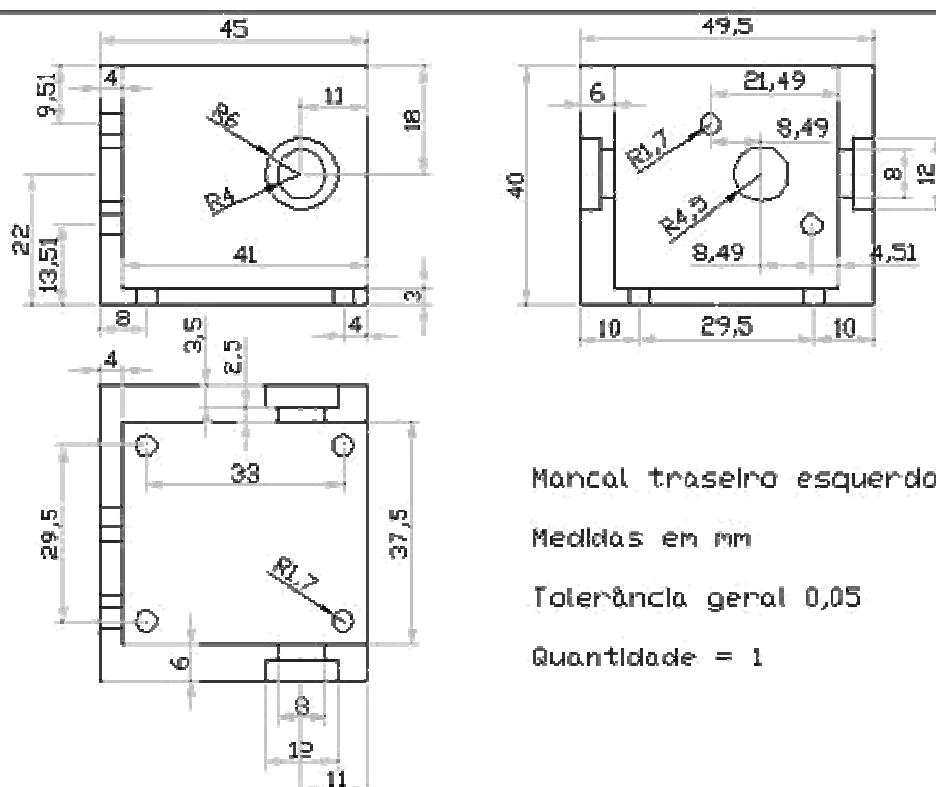


Mancal dianteiro

Medidas em mm

Tolerância geral 0,1

Quantidade = 2

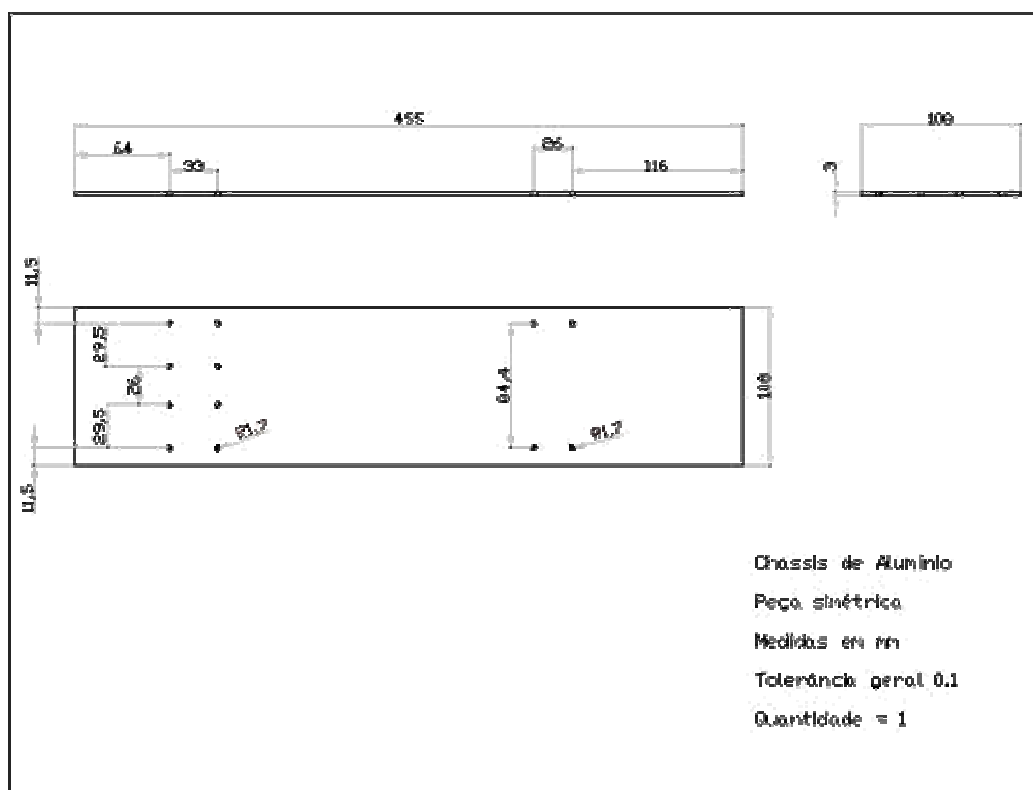
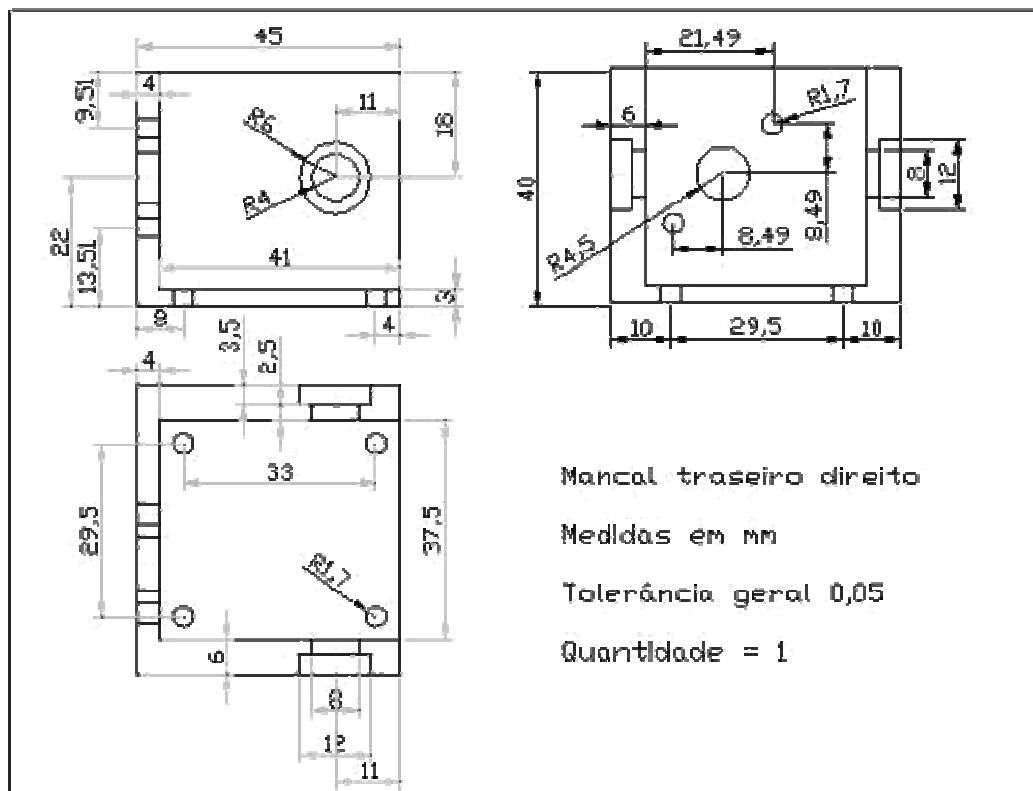


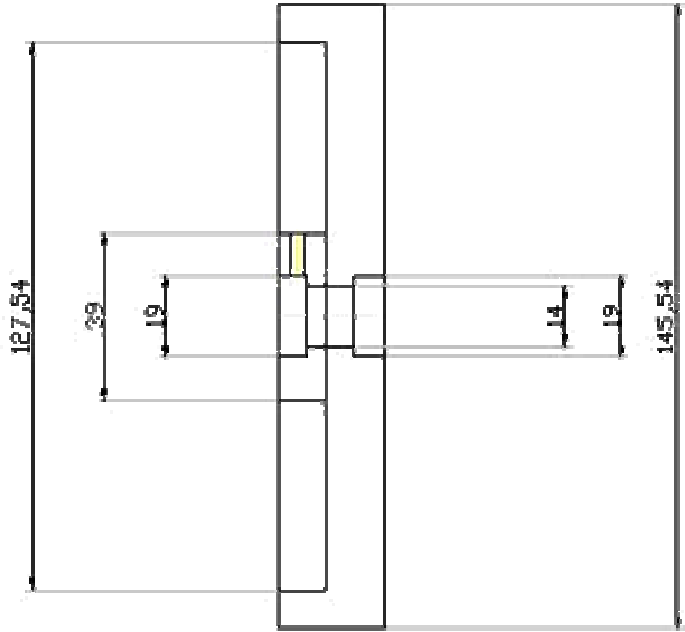
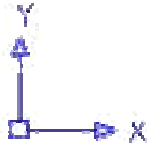
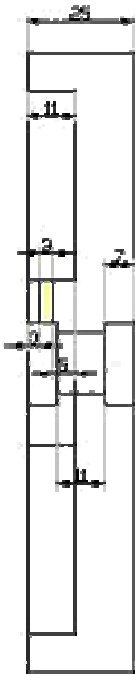
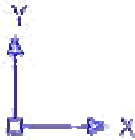
Mancal traseiro esquerdo

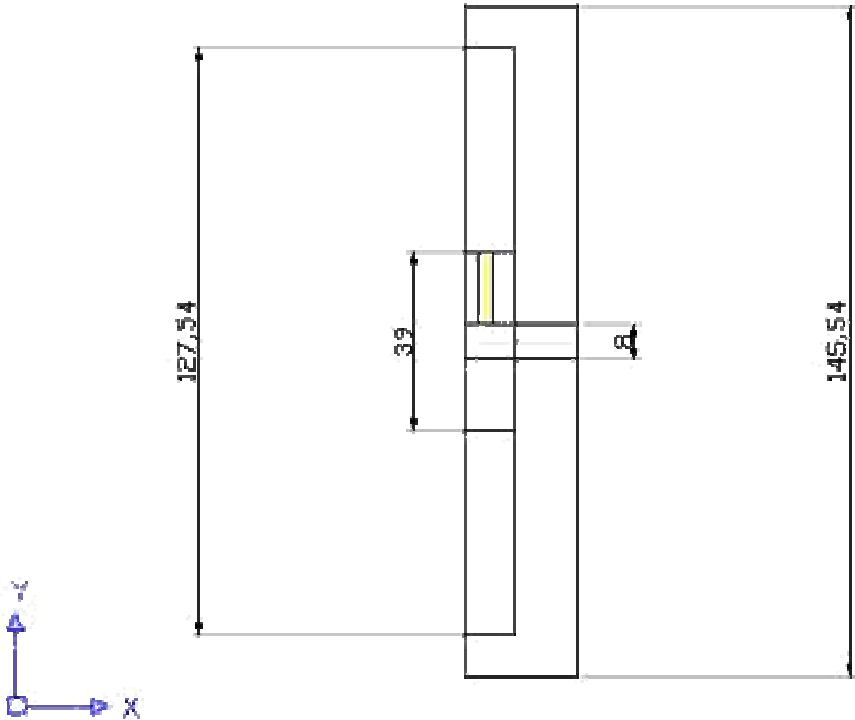
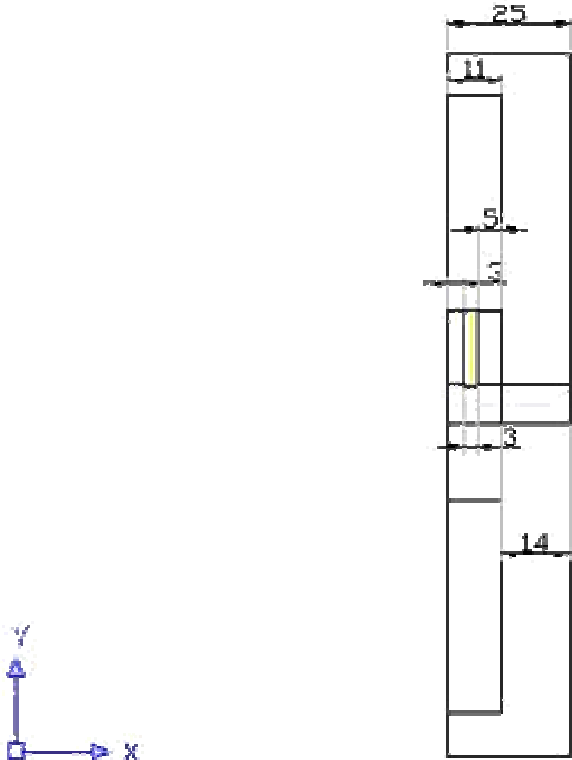
Medidas em mm

Tolerância geral 0,05

Quantidade = 1







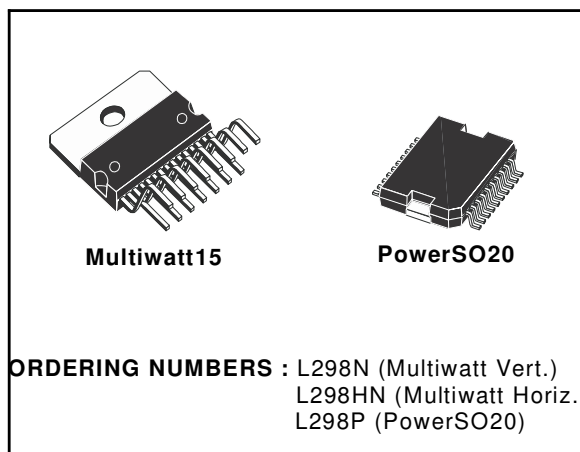
ANEXO C – DATASHEET DO L298N

**L298****DUAL FULL-BRIDGE DRIVER**

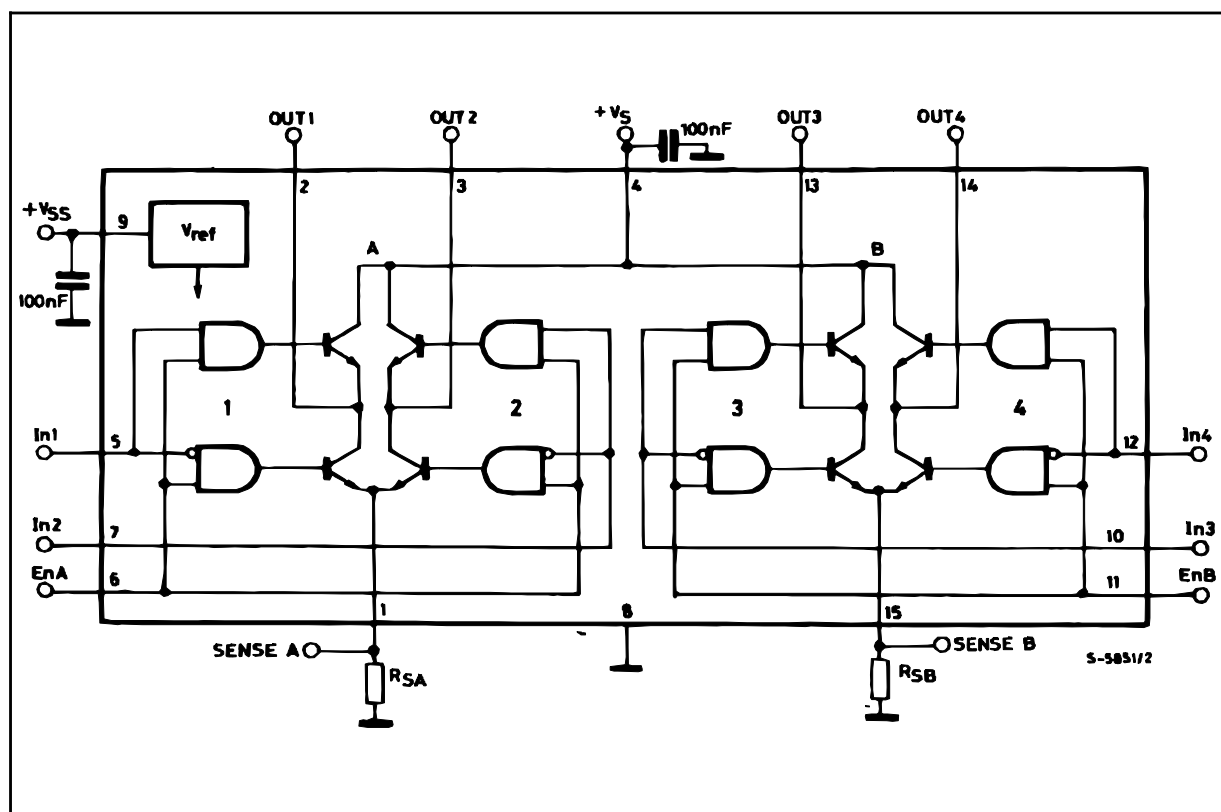
- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- (HIGH NOISE IMMUNITY)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

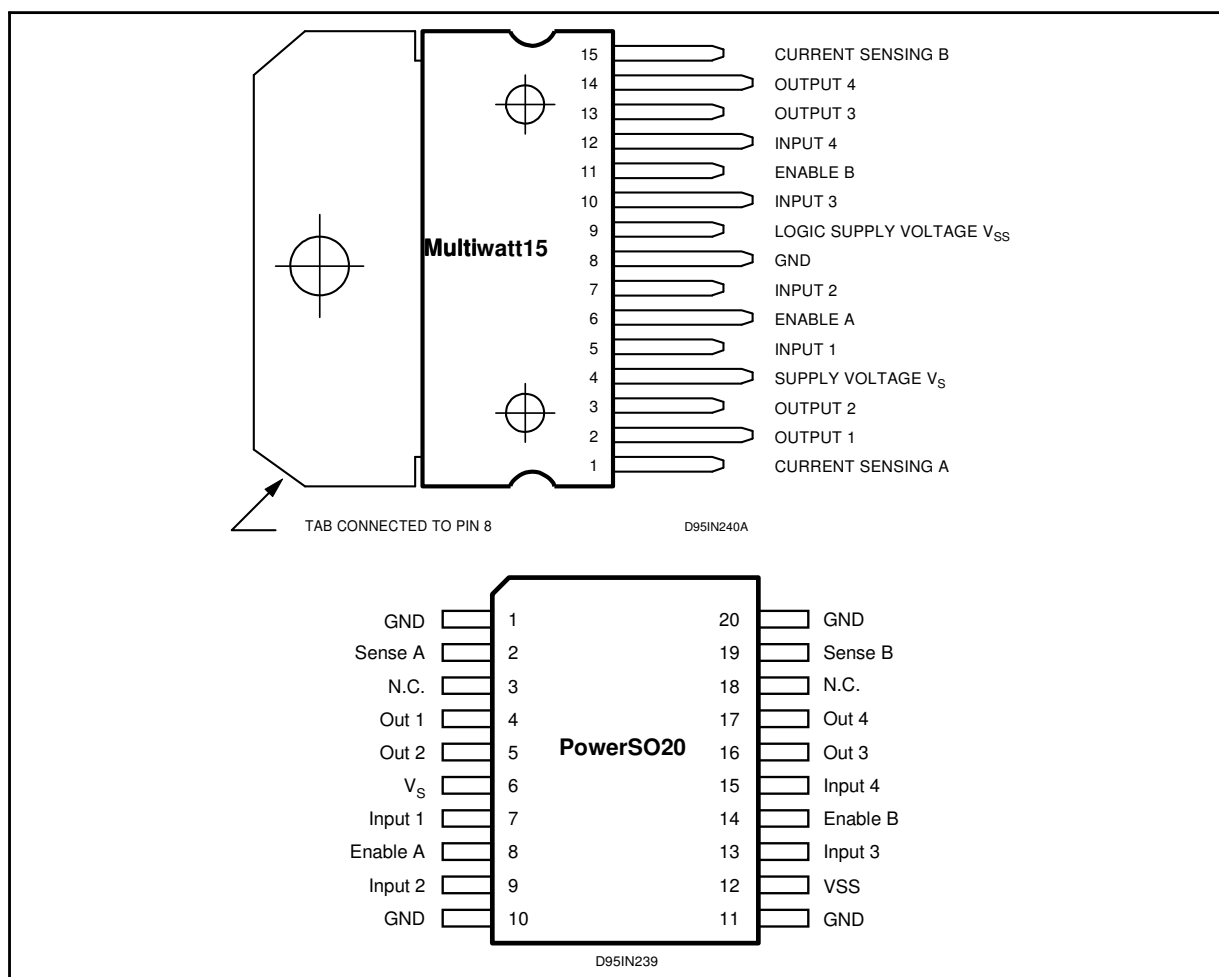
BLOCK DIAGRAM

L298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_I, V_{en}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel)		
	– Non Repetitive ($t = 100\mu s$)	3	A
	– Repetitive (80% on –20% off; $t_{on} = 10ms$)	2.5	A
	– DC Operation	2	A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter		PowerSO20	Multiwatt15	Unit
$R_{th\ j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max.	–	3	$^\circ C/W$
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max.	13 (*)	35	$^\circ C/W$

(*) Mounted on aluminum substrate

PIN FUNCTIONS (refer to the block diagram)

MW.15	PowerSO	Name	Function
1;15	2;19	Sense A; Sense B	Between this pin and ground is connected the sense resistor to control the current of the load.
2;3	4;5	Out 1; Out 2	Outputs of the Bridge A; the current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 1.
4	6	V _S	Supply Voltage for the Power Output Stages. A non-inductive 100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
5;7	7;9	Input 1; Input 2	TTL Compatible Inputs of the Bridge A.
6;11	8;14	Enable A; Enable B	TTL Compatible Enable Input: the L state disables the bridge A (enable A) and/or the bridge B (enable B).
8	1,10,11,20	GND	Ground.
9	12	V _{SS}	Supply Voltage for the Logic Blocks. A100nF capacitor must be connected between this pin and ground.
10; 12	13;15	Input 3; Input 4	TTL Compatible Inputs of the Bridge B.
13; 14	16;17	Out 3; Out 4	Outputs of the Bridge B. The current that flows through the load connected between these two pins is monitored at pin 15.
–	3;18	N.C.	Not Connected

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_S = 42V; V_{SS} = 5V, T_j = 25°C; unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V _S	Supply Voltage (pin 4)	Operative Condition	V _{IH} +2.5		46	V
V _{SS}	Logic Supply Voltage (pin 9)		4.5	5	7	V
I _S	Quiescent Supply Current (pin 4)	V _{en} = H; I _L = 0 V _i = L		13	22	mA
		V _i = H		50	70	mA
I _{SS}	Quiescent Current from V _{SS} (pin 9)	V _{en} = L V _i = X			4	mA
		V _{en} = H; I _L = 0 V _i = L		24	36	mA
		V _i = H		7	12	mA
		V _{en} = L V _i = X			6	mA
V _{iL}	Input Low Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		–0.3		1.5	V
V _{iH}	Input High Voltage (pins 5, 7, 10, 12)		2.3		V _{SS}	V
I _{iL}	Low Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = L			–10	μA
I _{iH}	High Voltage Input Current (pins 5, 7, 10, 12)	V _i = H ≤ V _{SS} –0.6V		30	100	μA
V _{en} = L	Enable Low Voltage (pins 6, 11)		–0.3		1.5	V
V _{en} = H	Enable High Voltage (pins 6, 11)		2.3		V _{SS}	V
I _{en} = L	Low Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V _{en} = L			–10	μA
I _{en} = H	High Voltage Enable Current (pins 6, 11)	V _{en} = H ≤ V _{SS} –0.6V		30	100	μA
V _{CEsat} (H)	Source Saturation Voltage	I _L = 1 A	0.95	1.35	1.7	V
		I _L = 2 A		2	2.7	V
V _{CEsat} (L)	Sink Saturation Voltage	I _L = 1 A (5)	0.85	1.2	1.6	V
		I _L = 2 A (5)		1.7	2.3	V
V _{CEsat}	Total Drop	I _L = 1 A (5)	1.80		3.2	V
		I _L = 2 A (5)			4.9	V
V _{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		–1 (1)		2	V

L298**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$T_1 (V_i)$	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_i$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		1.5		μs
$T_2 (V_i)$	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.2		μs
$T_3 (V_i)$	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_i$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		2		μs
$T_4 (V_i)$	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.7		μs
$T_5 (V_i)$	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_i$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.7		μs
$T_6 (V_i)$	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.25		μs
$T_7 (V_i)$	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_i$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		1.6		μs
$T_8 (V_i)$	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.2		μs
$f_c (V_i)$	Commutation Frequency	$I_L = 2A$		25	40	KHz
$T_1 (V_{en})$	Source Current Turn-off Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		3		μs
$T_2 (V_{en})$	Source Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		1		μs
$T_3 (V_{en})$	Source Current Turn-on Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.1 I_L$ (2); (4)		0.3		μs
$T_4 (V_{en})$	Source Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (2); (4)		0.4		μs
$T_5 (V_{en})$	Sink Current Turn-off Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		2.2		μs
$T_6 (V_{en})$	Sink Current Fall Time	$0.9 I_L$ to $0.1 I_L$ (3); (4)		0.35		μs
$T_7 (V_{en})$	Sink Current Turn-on Delay	$0.5 V_{en}$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.25		μs
$T_8 (V_{en})$	Sink Current Rise Time	$0.1 I_L$ to $0.9 I_L$ (3); (4)		0.1		μs

1) 1) Sensing voltage can be $-1 V$ for $t \leq 50 \mu s$; in steady state $V_{sens} \min \geq -0.5 V$.

2) See fig. 2.

3) See fig. 4.

4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

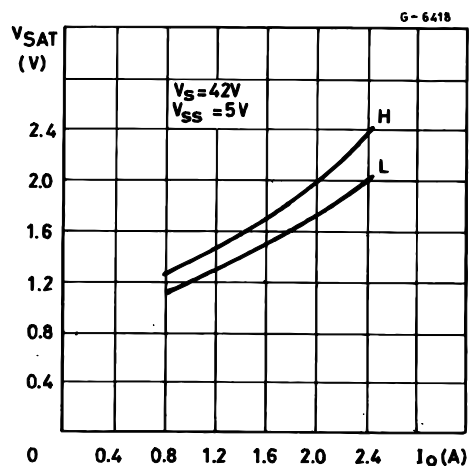
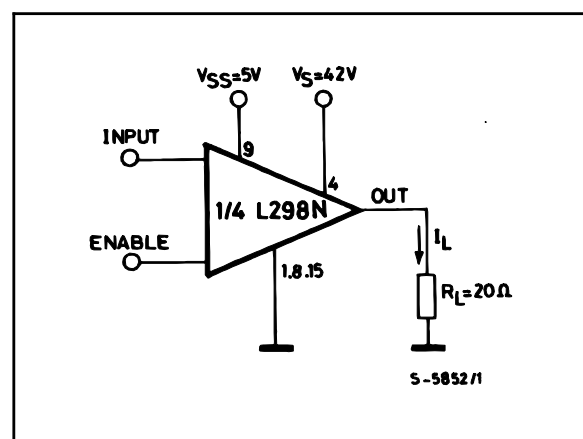
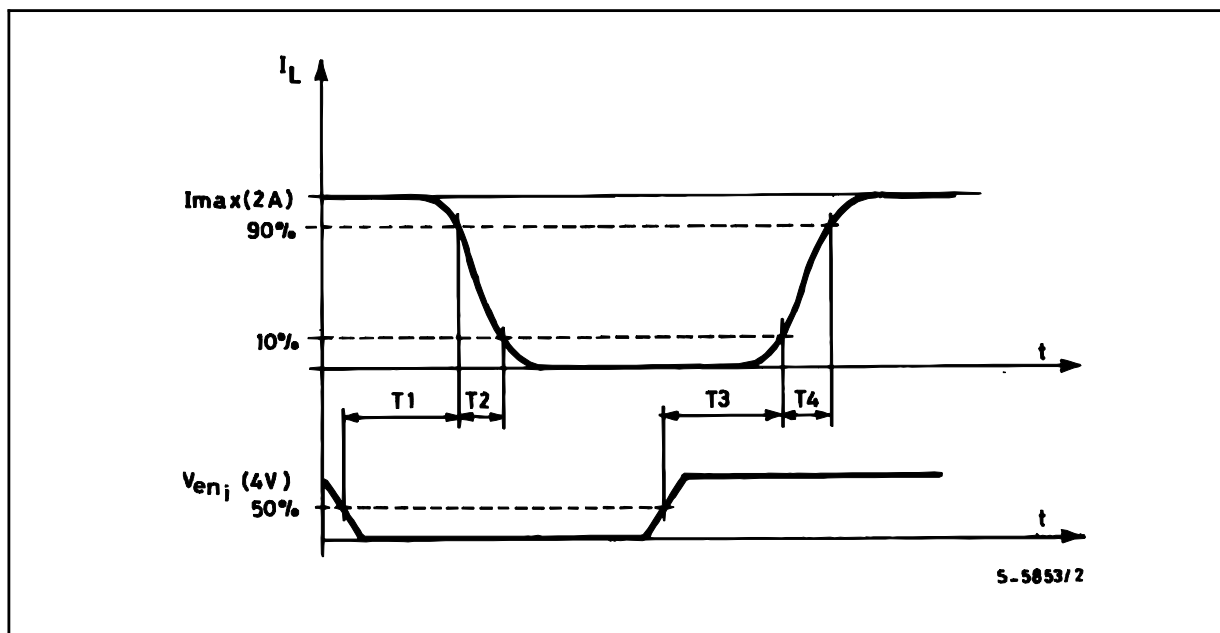
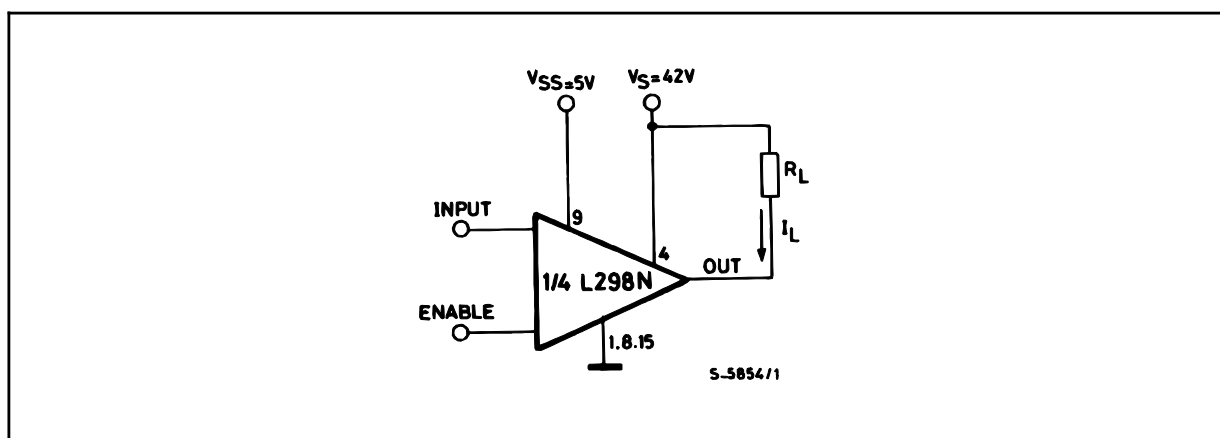


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



Note : For INPUT Switching, set EN = H
For ENABLE Switching, set IN = H

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.**Figure 4 :** Switching Times Test Circuits.

Note : For INPUT Switching, set EN = H
 For ENABLE Switching, set IN = L

L298

Figure 5 : Sink Current Delay Times vs. Input 0 V Enable Switching.

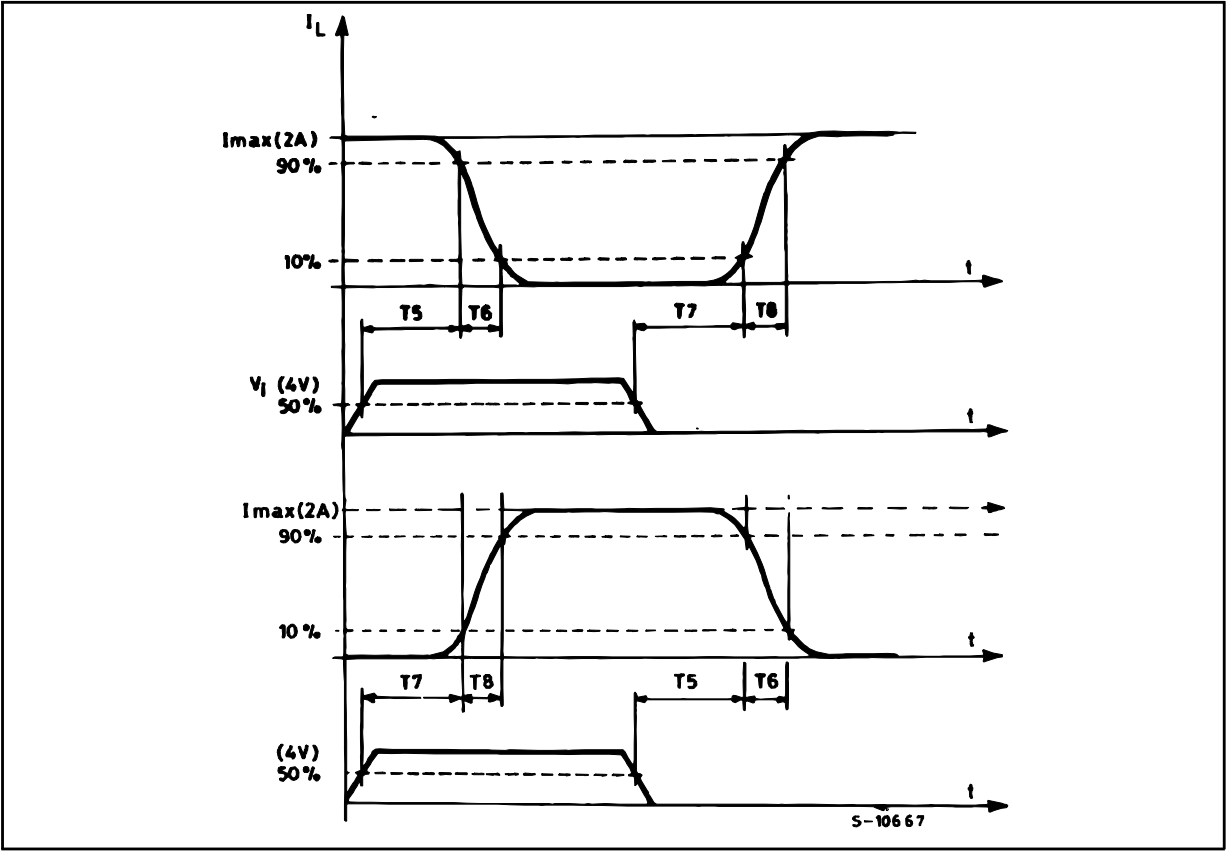


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.

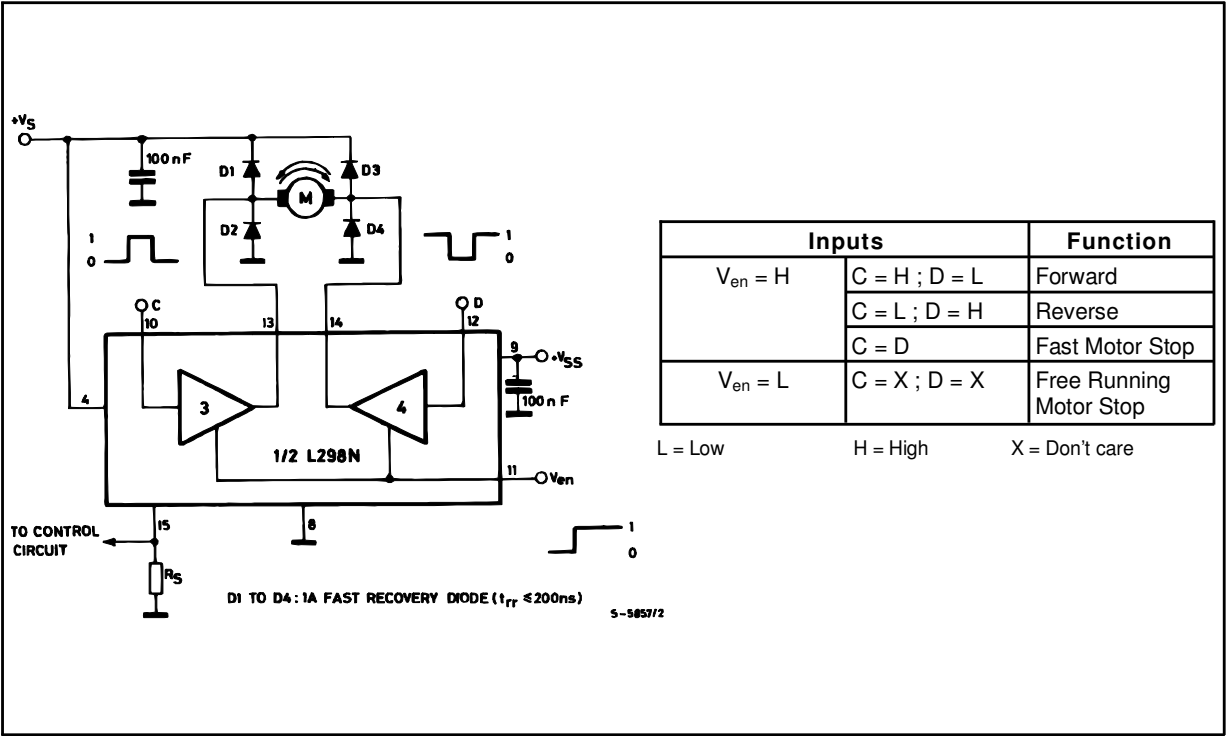
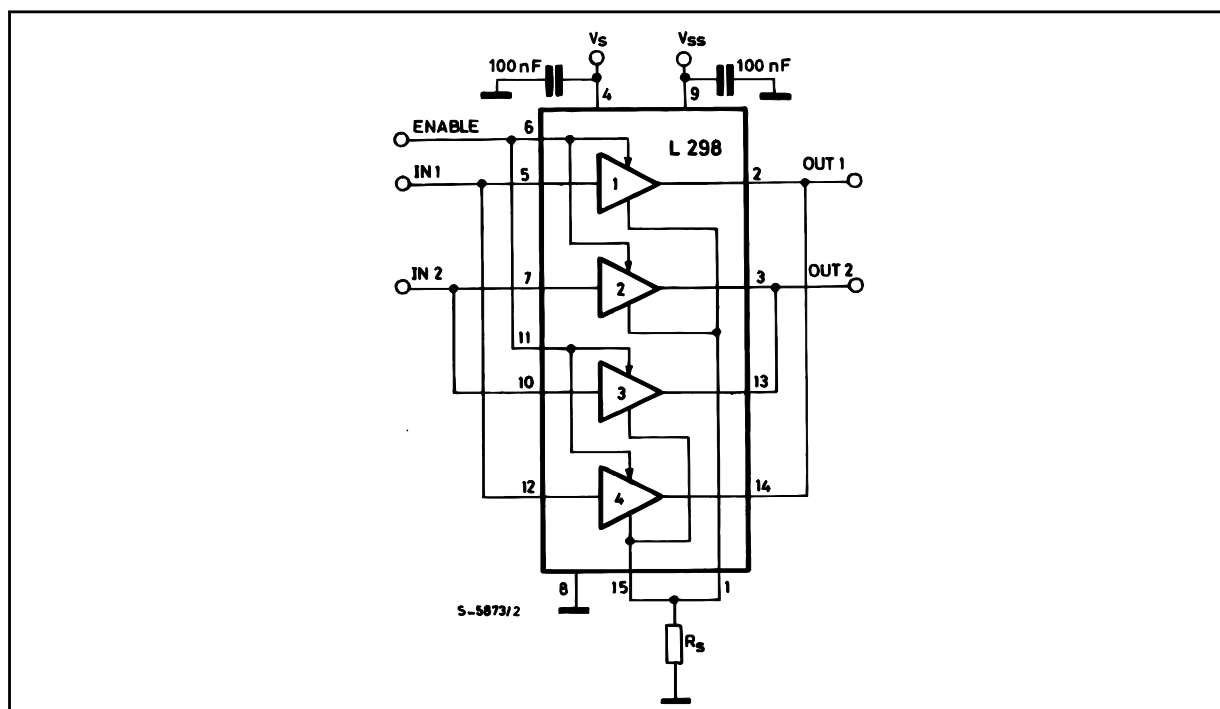


Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



APPLICATION INFORMATION (Refer to the block diagram)

1.1. POWER OUTPUT STAGE

The L298 integrates two power output stages (A ; B). The power output stage is a bridge configuration and its outputs can drive an inductive load in common or differenzial mode, depending on the state of the inputs. The current that flows through the load comes out from the bridge at the sense output : an external resistor (R_{SA} ; R_{SB} .) allows to detect the intensity of this current.

1.2. INPUT STAGE

Each bridge is driven by means of four gates the input of which are $In1$; $In2$; EnA and $In3$; $In4$; EnB . The In inputs set the bridge state when The En input is high ; a low state of the En input inhibits the bridge. All the inputs are TTL compatible.

2. SUGGESTIONS

A non inductive capacitor, usually of 100 nF, must be foreseen between both V_s and V_{ss} , to ground, as near as possible to GND pin. When the large capacitor of the power supply is too far from the IC, a second smaller one must be foreseen near the L298.

The sense resistor, not of a wire wound type, must be grounded near the negative pole of V_s that must be near the GND pin of the I.C.

Each input must be connected to the source of the driving signals by means of a very short path.

Turn-On and Turn-Off : Before to Turn-ON the Supply Voltage and before to Turn it OFF, the Enable input must be driven to the Low state.

3. APPLICATIONS

Fig 6 shows a bidirectional DC motor control Schematic Diagram for which only one bridge is needed. The external bridge of diodes $D1$ to $D4$ is made by four fast recovery elements ($trr \leq 200$ nsec) that must be chosen of a V_F as low as possible at the worst case of the load current.

The sense output voltage can be used to control the current amplitude by chopping the inputs, or to provide overcurrent protection by switching low the enable input.

The brake function (Fast motor stop) requires that the Absolute Maximum Rating of 2 Amps must never be overcome.

When the repetitive peak current needed from the load is higher than 2 Amps, a paralleled configuration can be chosen (See Fig.7).

An external bridge of diodes are required when inductive loads are driven and when the inputs of the IC are chopped ; Schottky diodes would be preferred.

L298

This solution can drive until 3 Amps In DC operation and until 3.5 Amps of a repetitive peak current.

On Fig 8 it is shown the driving of a two phase bipolar stepper motor ; the needed signals to drive the inputs of the L298 are generated, in this example, from the IC L297.

Fig 9 shows an example of P.C.B. designed for the application of Fig 8.

Figure 8 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Circuit.

This circuit drives bipolar stepper motors with winding currents up to 2 A. The diodes are fast 2 A types.

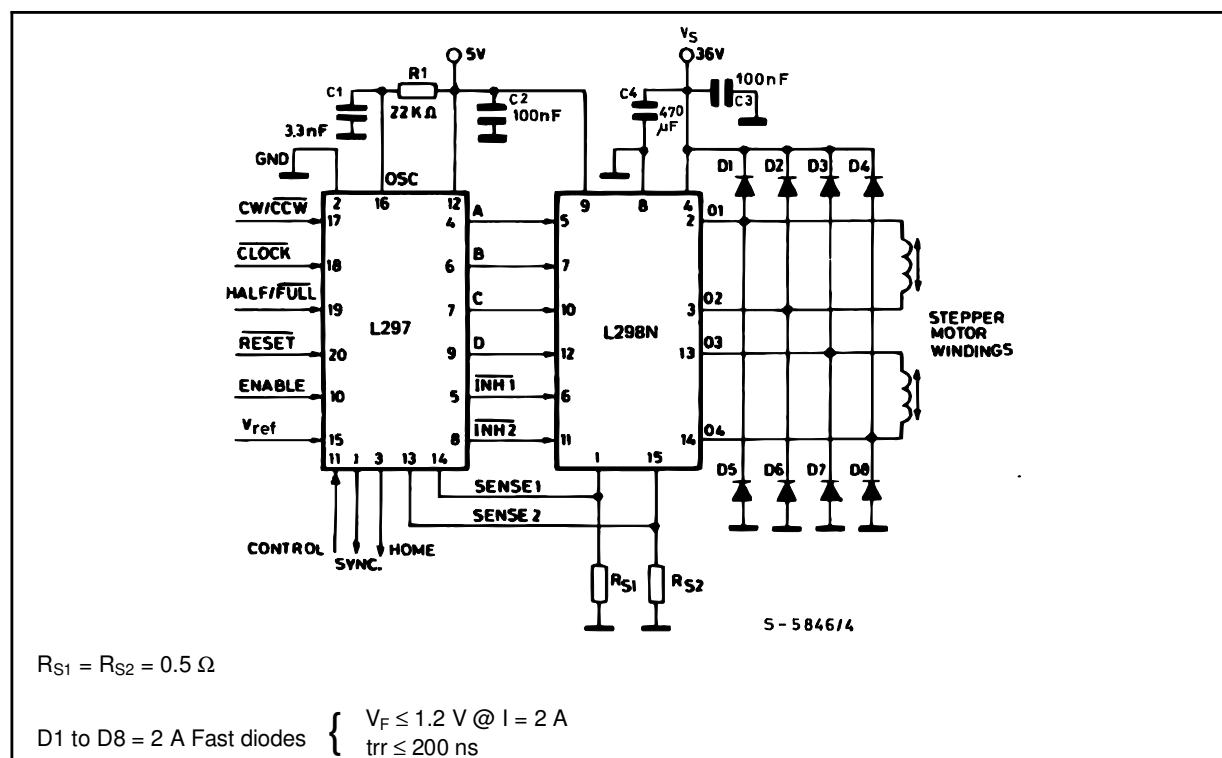


Fig 10 shows a second two phase bipolar stepper motor control circuit where the current is controlled by the I.C. L6506.

Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

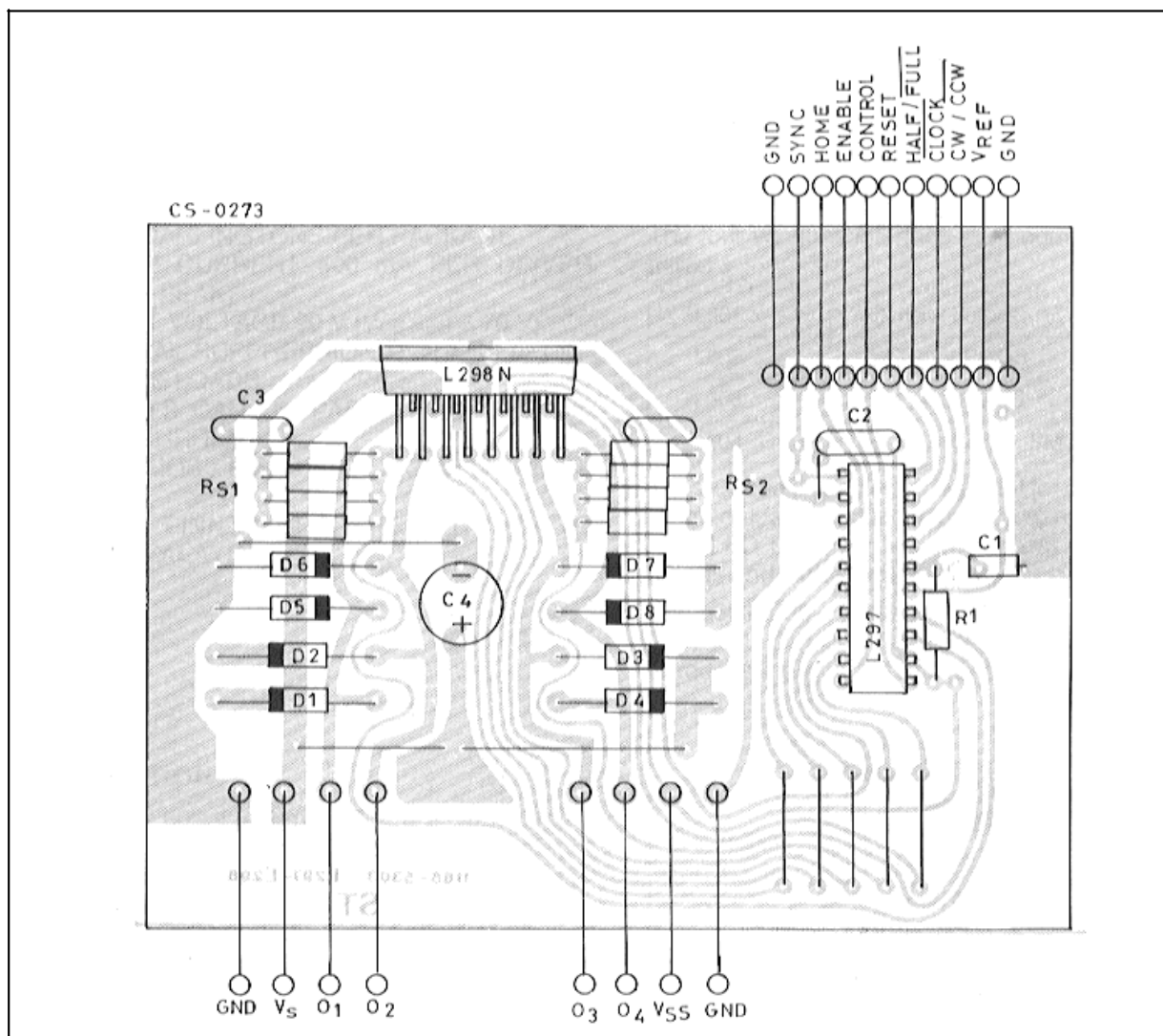
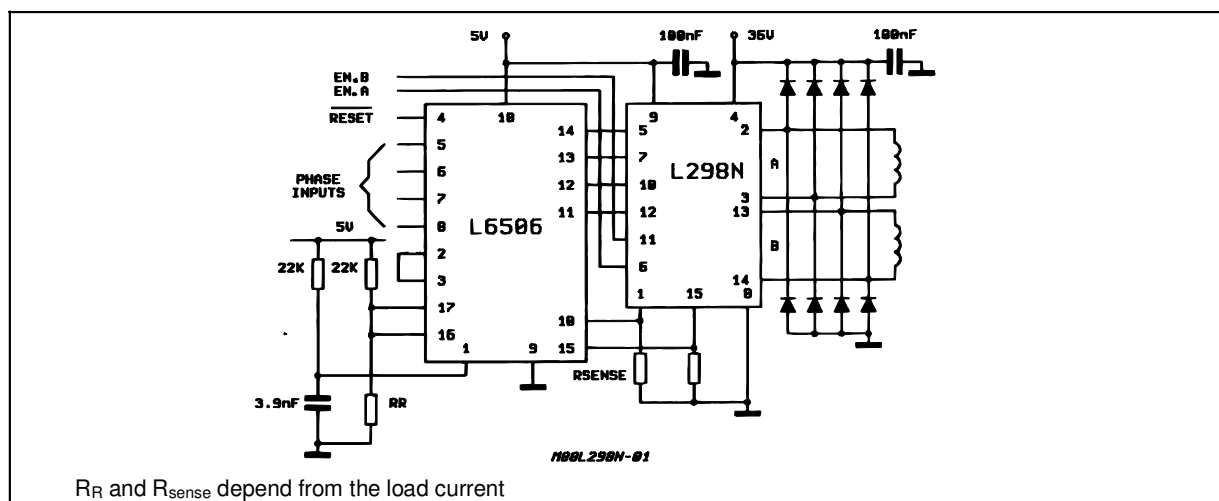


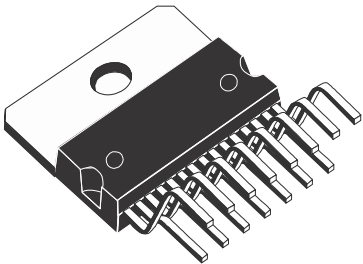
Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.



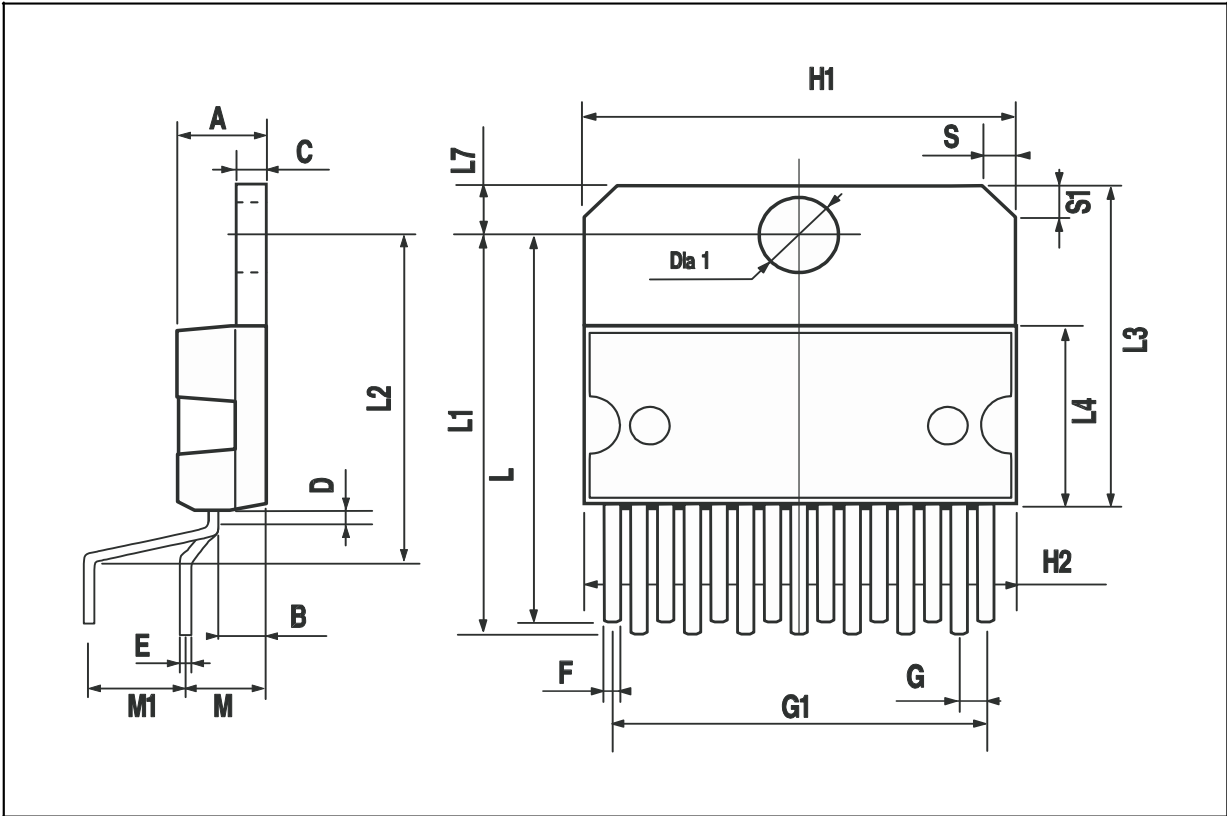
L298

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND
MECHANICAL DATA

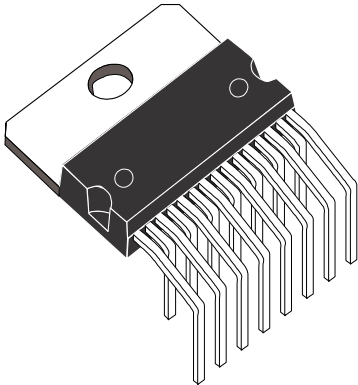


Multiwatt15 V

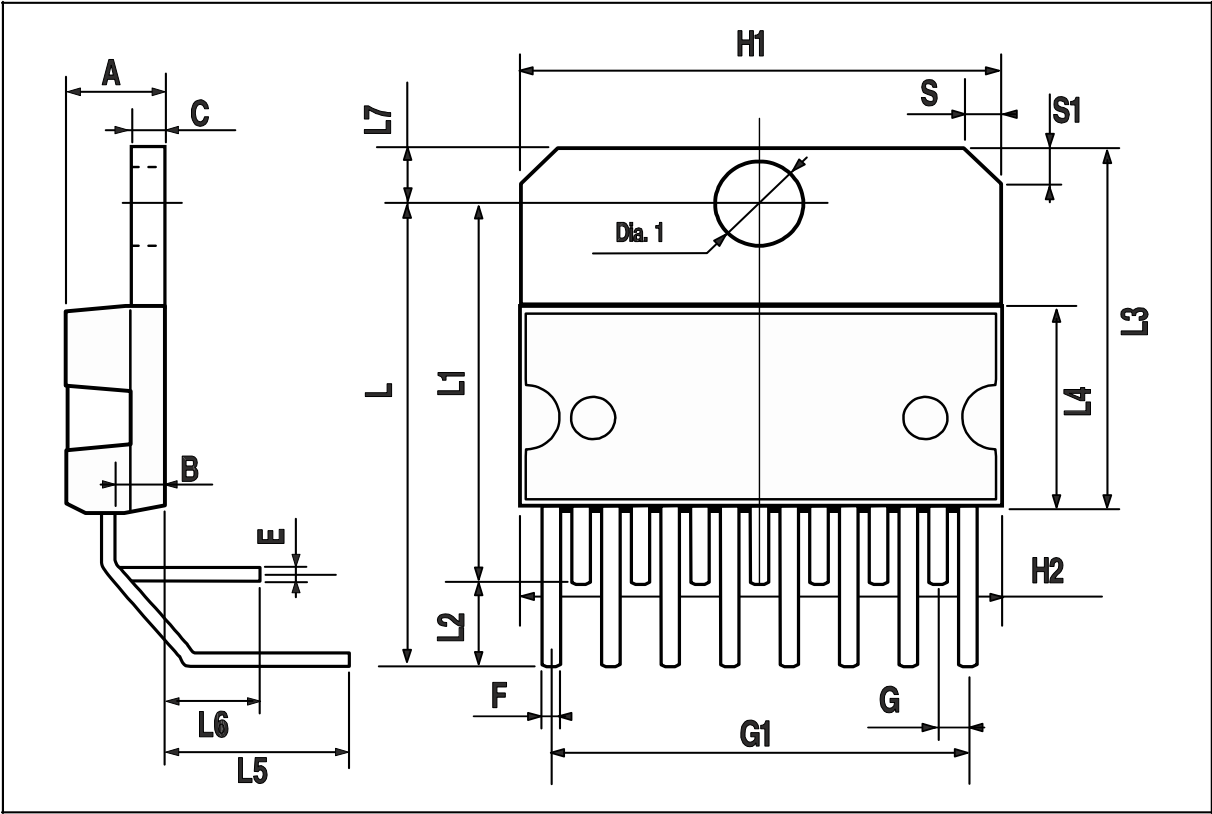


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			0.100	
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L5		5.28			0.208	
L6		2.38			0.094	
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



Multiwatt15 H

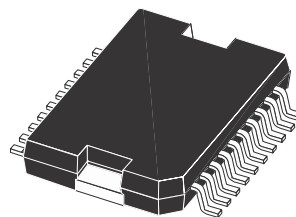


L298

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			3.6			0.142
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			3.3			0.130
a3	0		0.1	0.000		0.004
b	0.4		0.53	0.016		0.021
c	0.23		0.32	0.009		0.013
D (1)	15.8		16	0.622		0.630
D1	9.4		9.8	0.370		0.386
E	13.9		14.5	0.547		0.570
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
E1 (1)	10.9		11.1	0.429		0.437
E2			2.9			0.114
E3	5.8		6.2	0.228		0.244
G	0		0.1	0.000		0.004
H	15.5		15.9	0.610		0.626
h			1.1			0.043
L	0.8		1.1	0.031		0.043
N	10° (max.)					
S	8° (max.)					
T		10			0.394	

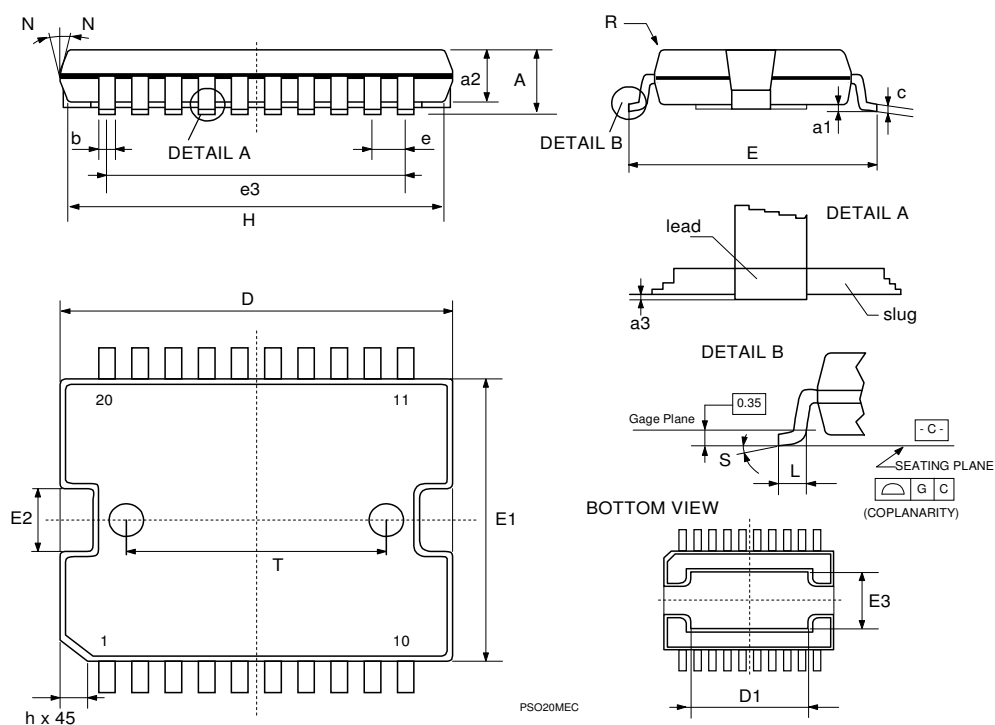
(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").
 - Critical dimensions: "E", "G" and "a3"

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



JEDEC MO-166

PowerSO20



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specification mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics
© 2000 STMicroelectronics – Printed in Italy – All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco -
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - U.S.A.

<http://www.st.com>



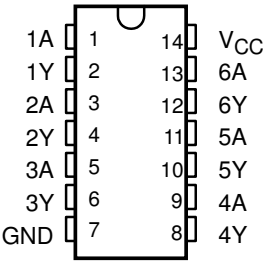
ANEXO D – DATASHEET DO SN74HC04

Wide Operating Voltage Range of 2 V to 6 V Outputs Can Drive Up To 10 LSTTL Loads Low Power Consumption, 20-μA Max I_{CC}

SN54HC04, SN74HC04
HEX INVERTERS

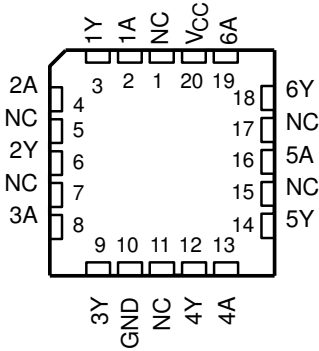
SCLS078D – DECEMBER 1982 – REVISED JULY 2003

SN54HC04 . . . J OR W PACKAGE SN74HC04 . . . D, N, NS, OR PW PACKAGE (TOP VIEW)



Typical $t_{pd} = 8\text{ ns}$
 $\pm 4\text{-mA}$ Output Drive at 5 V
Low Input Current of 1 μA Max

SN54HC04 . . . FK PACKAGE (TOP VIEW)



description/ordering information

The 'HC04 devices contain six independent inverters. They perform the Boolean function $Y = \bar{A}$ in positive logic.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
–40°C to 85°C	PDIP – N	Tube of 25	SN74HC04N	SN74HC04N
	SOIC – D	Tube of 50	SN74HC04D	HC04
		Reel of 2500	SN74HC04DR	
		Reel of 250	SN74HC04DT	
	SOP – NS	Reel of 2000	SN74HC04NSR	HC04
	TSSOP – PW	Tube of 90	SN74HC04PW	HC04
		Reel of 2000	SN74HC04PWR	
Reel of 250		SN74HC04PWT		
–55°C to 125°C	CDIP – J	Tube of 25	SNJ54HC04J	SNJ54HC04J
	CFP – W	Tube of 150	SNJ54HC04W	SNJ54HC04W
	LCCC – FK	Tube of 55	SNJ54HC04FK	SNJ54HC04FK

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

FUNCTION TABLE
(each inverter)

INPUT A	OUTPUT Y
H	L
L	H



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

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated
On products compliant to MIL-PRF-38535, all parameters are tested unless otherwise noted. On all other products, production processing does not necessarily include testing of all parameters.

SN54HC04, SN74HC04 HEX INVERTERS

142

SCLS078D – DECEMBER 1982 – REVISED JULY 2003

logic diagram (positive logic)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage range, V_{CC}	–0.5 V to 7 V
Input clamp current, I_{IK} ($V_I < 0$ or $V_I > V_{CC}$) (see Note 1)	±20 mA
Output clamp current, I_{OK} ($V_O < 0$ or $V_O > V_{CC}$) (see Note 1)	±20 mA
Continuous output current, I_O ($V_O = 0$ to V_{CC})	±25 mA
Continuous current through V_{CC} or GND	±50 mA
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	86°C/W
N package	80°C/W
NS package	76°C/W
PW package	113°C/W
Storage temperature range, T_{stg}	–65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under “absolute maximum ratings” may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under “recommended operating conditions” is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES: 1. The input and output voltage ratings may be exceeded if the input and output current ratings are observed.
2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions (see Note 3)

			SN54HC04			SN74HC04			UNIT
			MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V _{CC}	Supply voltage		2	5	6	2	5	6	V
V _{IH}	High-level input voltage	V _{CC} = 2 V	1.5			1.5			V
		V _{CC} = 4.5 V	3.15			3.15			
		V _{CC} = 6 V	4.2			4.2			
V _{IL}	Low-level input voltage	V _{CC} = 2 V	0.5			0.5			V
		V _{CC} = 4.5 V	1.35			1.35			
		V _{CC} = 6 V	1.8			1.8			
V _I	Input voltage		0	V _{CC}		0	V _{CC}		V
V _O	Output voltage		0	V _{CC}		0	V _{CC}		V
Δt/Δv	Input transition rise/fall time	V _{CC} = 2 V	1000			1000			ns
		V _{CC} = 4.5 V	500			500			
		V _{CC} = 6 V	400			400			
T _A	Operating free-air temperature		−55	125		−40	85		°C

NOTE 3: All unused inputs of the device must be held at V_{CC} or GND to ensure proper device operation. Refer to the TI application report, *Implications of Slow or Floating CMOS Inputs*, literature number SCBA004.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS		V _{CC}	T _A = 25°C			SN54HC04		SN74HC04		UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
V _{OH}	V _I = V _{IH} or V _{IL}	I _{OH} = -20 µA	2 V	1.9	1.998		1.9		1.9		V
			4.5 V	4.4	4.499		4.4		4.4		
			6 V	5.9	5.999		5.9		5.9		
		I _{OH} = -4 mA	4.5 V	3.98	4.3		3.7		3.84		
		I _{OH} = -5.2 mA	6 V	5.48	5.8		5.2		5.34		
V _{OL}	V _I = V _{IH} or V _{IL}	I _{OL} = 20 µA	2 V		0.002	0.1		0.1		0.1	V
			4.5 V		0.001	0.1		0.1		0.1	
			6 V		0.001	0.1		0.1		0.1	
		I _{OL} = 4 mA	4.5 V		0.17	0.26		0.4		0.33	
		I _{OL} = 5.2 mA	6 V		0.15	0.26		0.4		0.33	
I _I	V _I = V _{CC} or 0		6 V		±0.1	±100		±1000		±1000	nA
I _{CC}	V _I = V _{CC} or 0, I _O = 0		6 V			2		40		20	µA
C _i			2 V to 6 V		3	10		10		10	pF

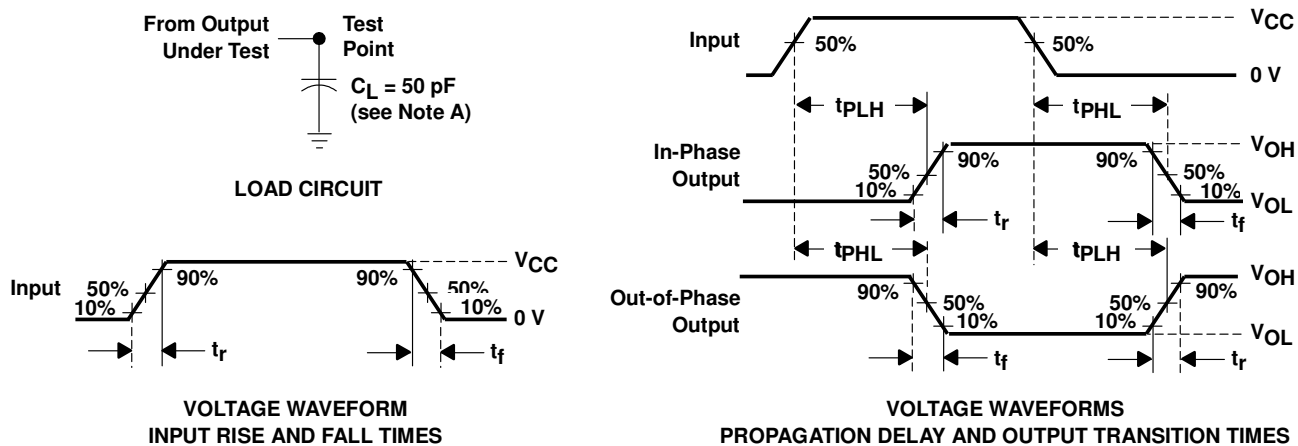
switching characteristics over recommended operating free-air temperature range, C_L = 50 pF (unless otherwise noted) (see Figure 1)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	V _{CC}	T _A = 25°C			SN54HC04		SN74HC04		UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	
t _{pd}	A	Y	2 V		45	95		145		120	ns
			4.5 V		9	19		29		24	
			6 V		8	16		25		20	
t _t		Y	2 V		38	75		110		95	ns
			4.5 V		8	15		22		19	
			6 V		6	13		19		16	

operating characteristics, T_A = 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TYP	UNIT
C _{pd} Power dissipation capacitance per inverter	No load	20	pF

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



- NOTES: A. C_L includes probe and test-fixture capacitance.
B. Phase relationships between waveforms were chosen arbitrarily. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: $PRR \leq 1 \text{ MHz}$, $Z_O = 50 \Omega$, $t_r = 6 \text{ ns}$, $t_f = 6 \text{ ns}$.
C. The outputs are measured one at a time with one input transition per measurement.
D. t_{PLH} and t_{PHL} are the same as t_{pd} .

Figure 1. Load Circuit and Voltage Waveforms

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp ⁽³⁾
5962-8409801VCA	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
5962-8409801VDA	ACTIVE	CFP	W	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
84098012A	ACTIVE	LCCC	FK	20	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
8409801CA	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
8409801DA	ACTIVE	CFP	W	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
JM38510/65701B2A	ACTIVE	LCCC	FK	20	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
JM38510/65701BCA	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
JM38510/65701BDA	ACTIVE	CFP	W	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SN54HC04J	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SN74HC04D	ACTIVE	SOIC	D	14	50	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SN74HC04DBR	ACTIVE	SSOP	DB	14	2000	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SN74HC04DR	ACTIVE	SOIC	D	14	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
SN74HC04DT	ACTIVE	SOIC	D	14	250	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SN74HC04N	ACTIVE	PDIP	N	14	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-NC-NC-NC
SN74HC04N3	OBSOLETE	PDIP	N	14		None	Call TI	Call TI
SN74HC04NSR	ACTIVE	SO	NS	14	2000	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR/ Level-1-235C-UNLIM
SN74HC04PW	ACTIVE	TSSOP	PW	14	90	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-1-250C-UNLIM
SN74HC04PWLE	OBSOLETE	TSSOP	PW	14		None	Call TI	Call TI
SN74HC04PWR	ACTIVE	TSSOP	PW	14	2000	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-1-250C-UNLIM
SN74HC04PWT	ACTIVE	TSSOP	PW	14	250	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	Level-1-250C-UNLIM
SNJ54HC04FK	ACTIVE	LCCC	FK	20	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SNJ54HC04J	ACTIVE	CDIP	J	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SNJ54HC04W	ACTIVE	CFP	W	14	1	None	Call TI	Level-NC-NC-NC
SNV54HC04J	ACTIVE	CDIP	J	14		None	Call TI	Call TI
SNV54HC04W	ACTIVE	CFP	W	14		None	Call TI	Call TI

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ Eco Plan - May not be currently available - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

None: Not yet available Lead (Pb-Free).

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean "Pb-Free" and in addition, uses package materials that do not contain halogens, including bromine (Br) or antimony (Sb) above 0.1% of total product weight.

⁽³⁾ MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

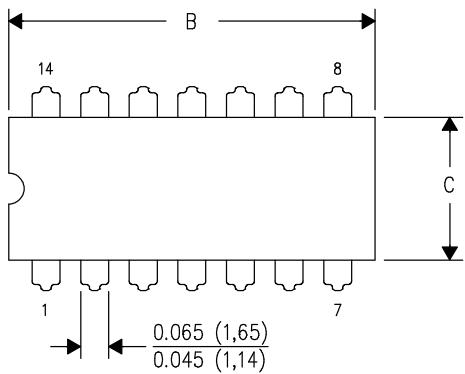
Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

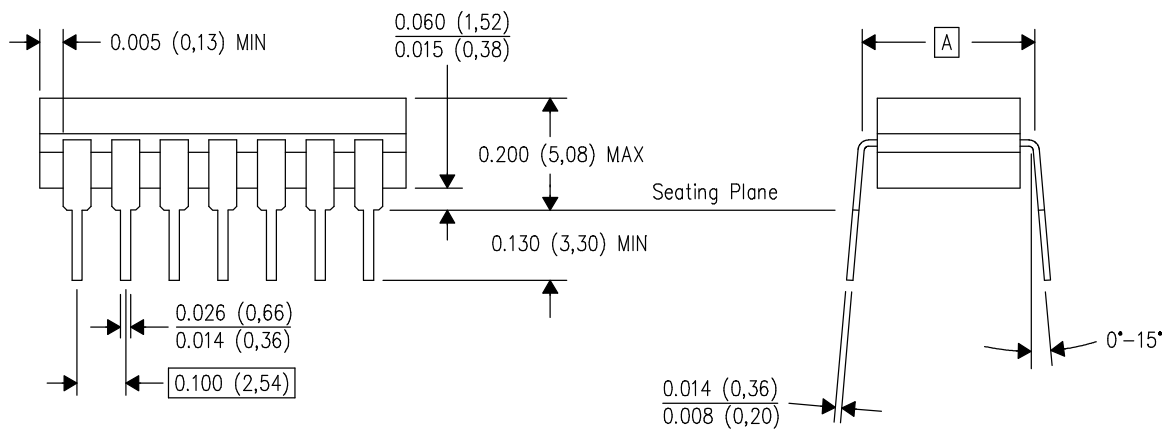
$$J(R - GDIP - T^{**})$$

14 LEADS SHOWN

CERAMIC DUAL IN-LINE PACKAGE



DIM \ PINS **	14	16	18	20
A	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC
B MAX	0.785 (19,94)	.840 (21,34)	0.960 (24,38)	1.060 (26,92)
B MIN	—	—	—	—
C MAX	0.300 (7,62)	0.300 (7,62)	0.310 (7,87)	0.300 (7,62)
C MIN	0.245 (6,22)	0.245 (6,22)	0.220 (5,59)	0.245 (6,22)



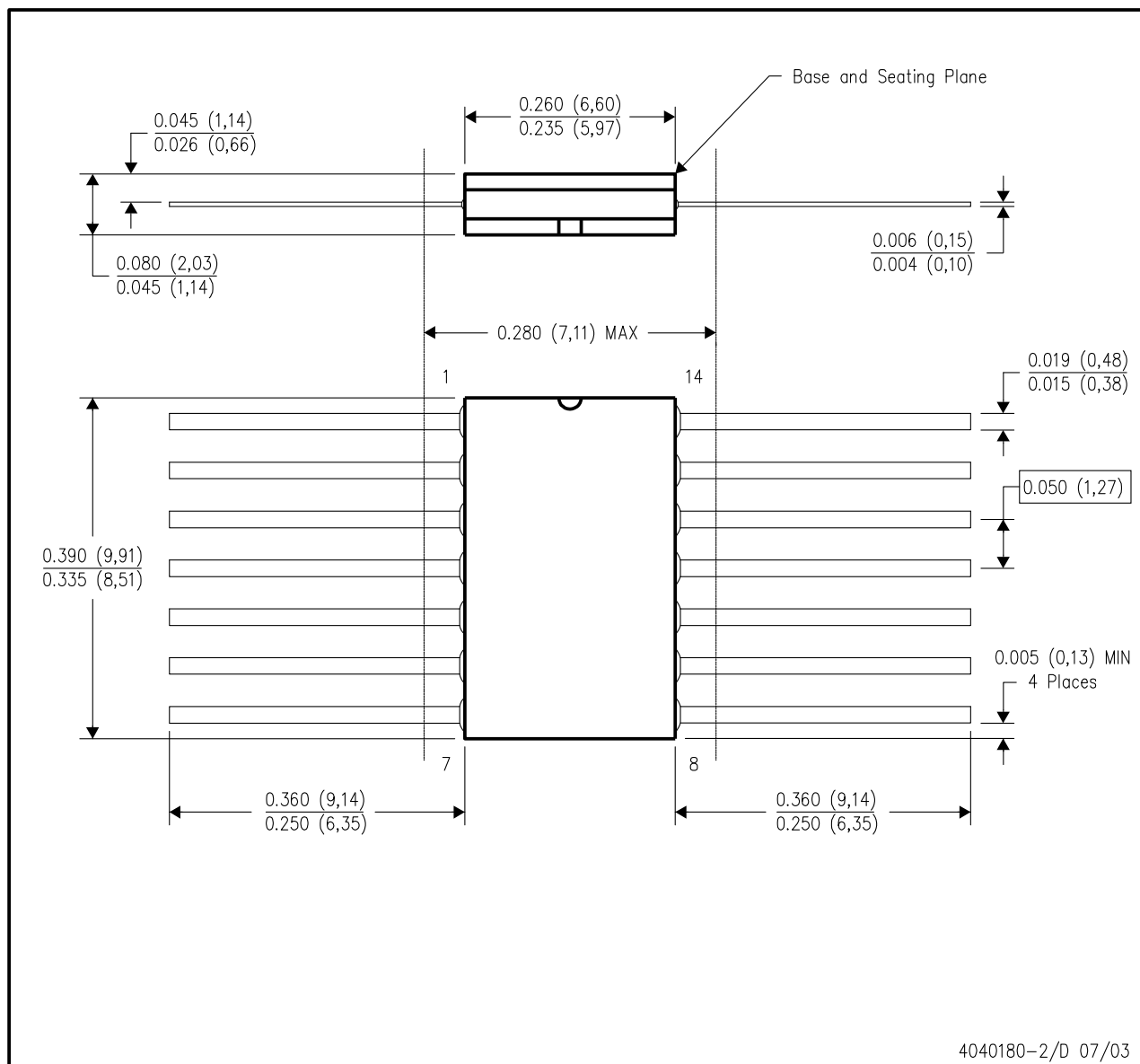
4040083/F 03/03

NOTES:

- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
- B. This drawing is subject to change without notice.
- C. This package is hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
- D. Index point is provided on cap for terminal identification only on press ceramic glass frit seal only.
- E. Falls within MIL STD 1835 GDIP1-T14, GDIP1-T16, GDIP1-T18 and GDIP1-T20.

W (R-GDFP-F14)

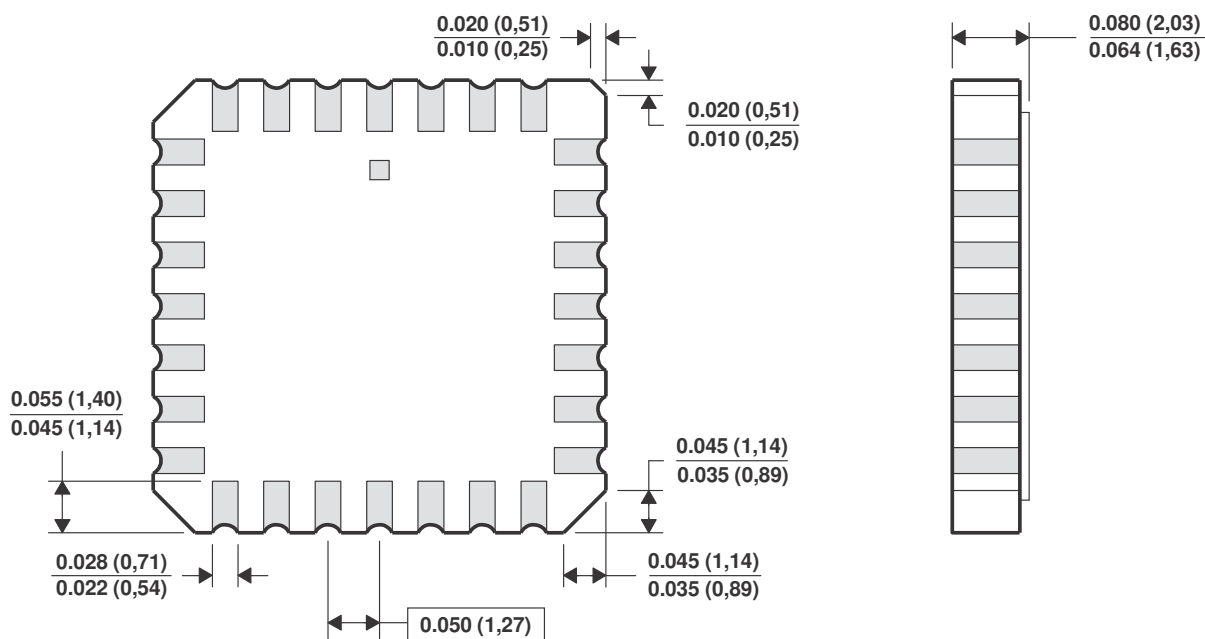
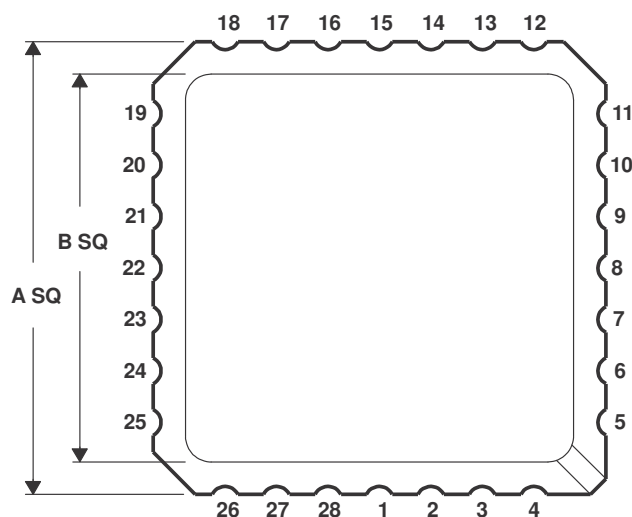
CERAMIC DUAL FLATPACK



- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - This drawing is subject to change without notice.
 - This package can be hermetically sealed with a ceramic lid using glass frit.
 - Index point is provided on cap for terminal identification only.
 - Falls within MIL STD 1835 GDFP1-F14 and JEDEC MO-092AB

LEADLESS CERAMIC CHIP CARRIER

NO. OF TERMINALS **	A		B	
	MIN	MAX	MIN	MAX
20	0.342 (8,69)	0.358 (9,09)	0.307 (7,80)	0.358 (9,09)
28	0.442 (11,23)	0.458 (11,63)	0.406 (10,31)	0.458 (11,63)
44	0.640 (16,26)	0.660 (16,76)	0.495 (12,58)	0.560 (14,22)
52	0.739 (18,78)	0.761 (19,32)	0.495 (12,58)	0.560 (14,22)
68	0.938 (23,83)	0.962 (24,43)	0.850 (21,6)	0.858 (21,8)
84	1.141 (28,99)	1.165 (29,59)	1.047 (26,6)	1.063 (27,0)

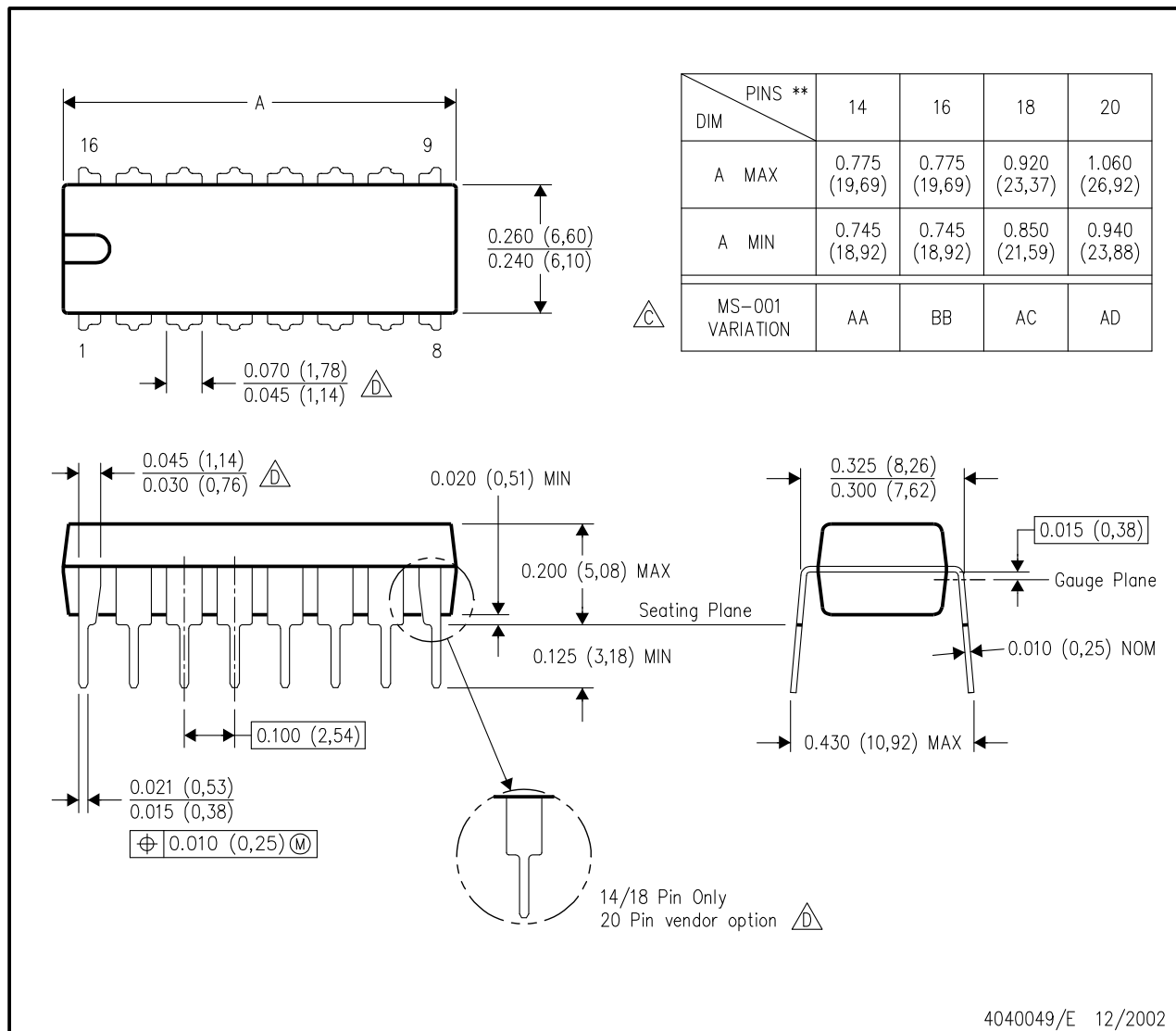


4040140 / D 10/96

- NOTES: A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. This package can be hermetically sealed with a metal lid.
D. The terminals are gold plated.
E. Falls within JEDEC MS-004

N (R-PDIP-T)**

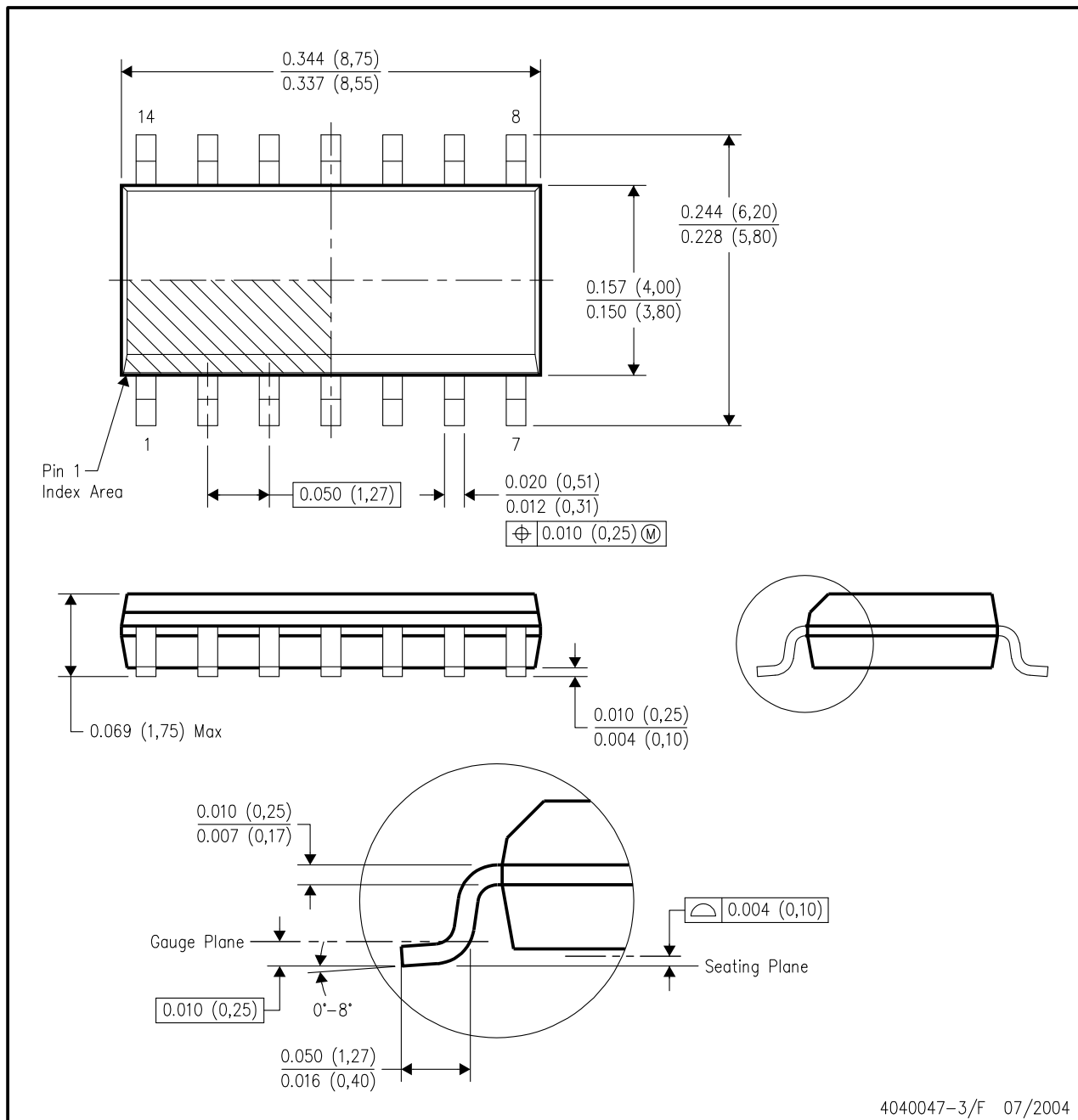
16 PINS SHOWN

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - Δ Falls within JEDEC MS-001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
 - Δ The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

D (R-PDSO-G14)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE



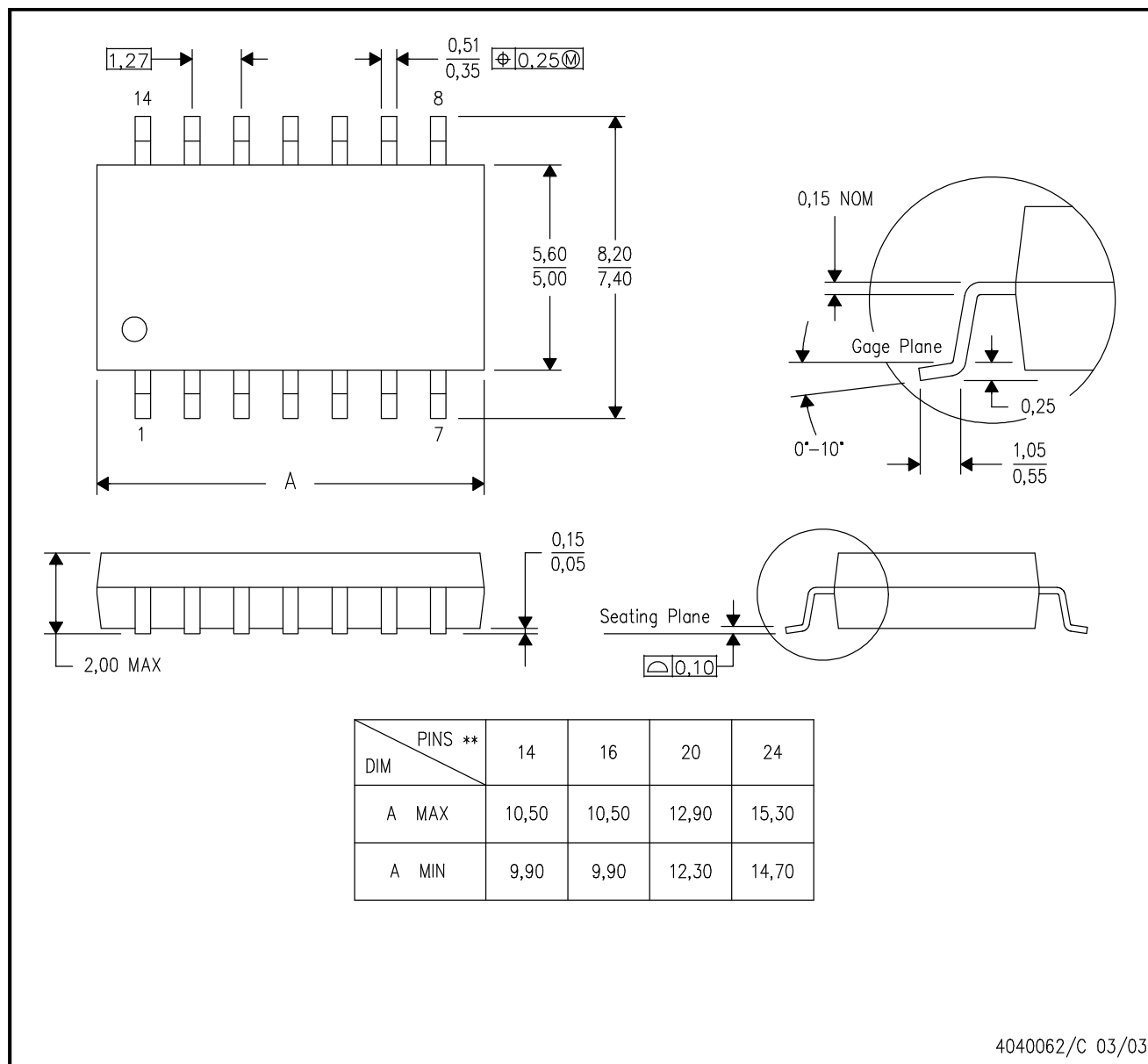
- NOTES:
- All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0,15).
 - Falls within JEDEC MS-012 variation AB.

MECHANICAL DATA

NS (R-PDSO-G**)

PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE

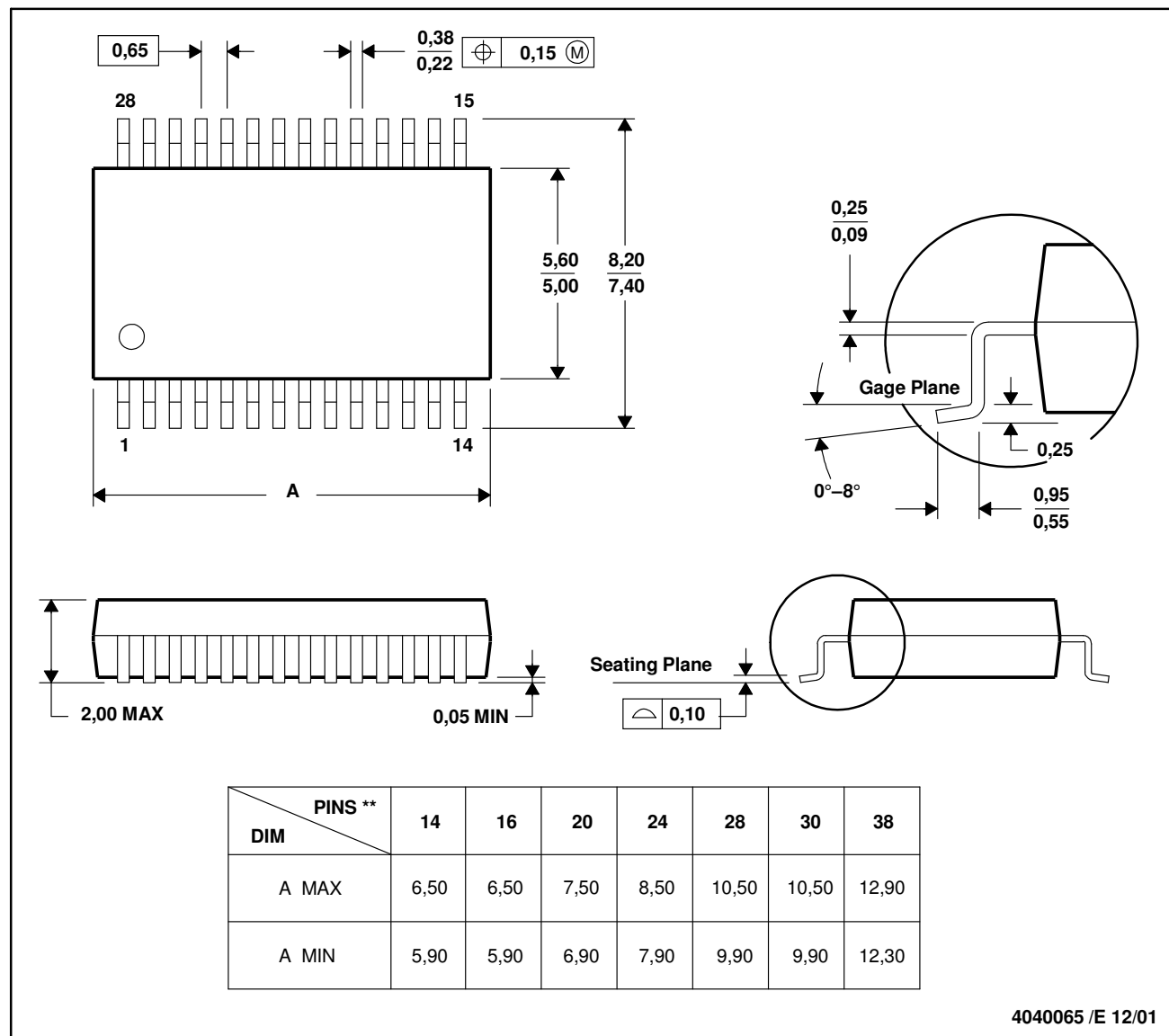
14-PINS SHOWN



- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters.
 - This drawing is subject to change without notice.
 - Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

DB (R-PDSO-G)****PLASTIC SMALL-OUTLINE**

28 PINS SHOWN



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0,15.
 D. Falls within JEDEC MO-150

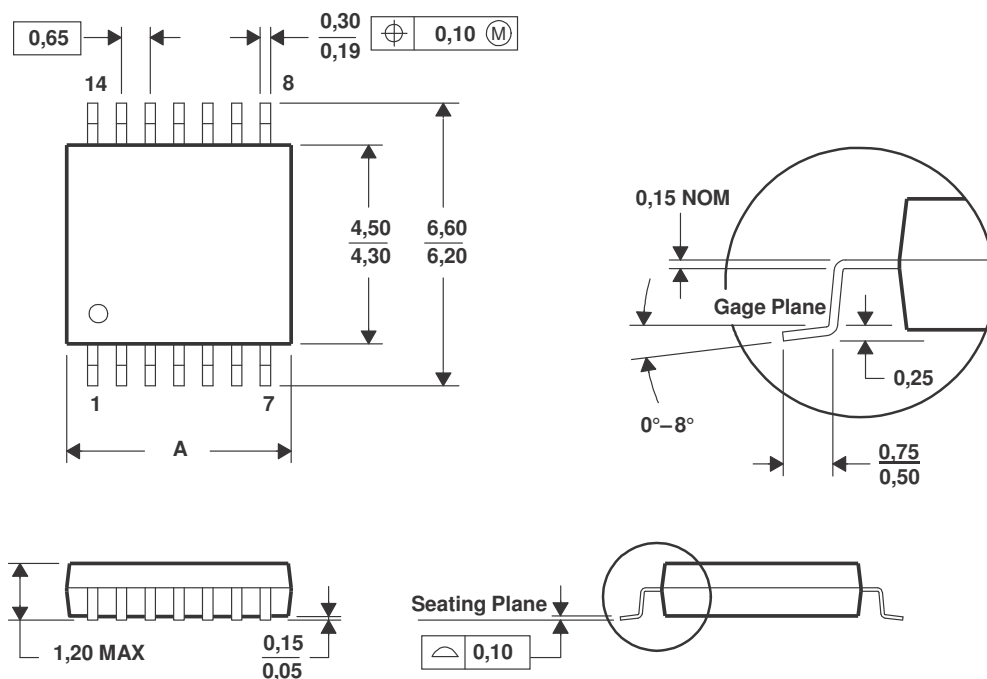


**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

PW (R-PDSO-G)****PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE**

14 PINS SHOWN



PINS **	8	14	16	20	24	28
DIM						
A MAX	3,10	5,10	5,10	6,60	7,90	9,80
A MIN	2,90	4,90	4,90	6,40	7,70	9,60

4040064/F 01/97

- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.
 B. This drawing is subject to change without notice.
 C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0,15.
 D. Falls within JEDEC MO-153


**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		Applications	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
		Telephony	www.ti.com/telephony
		Video & Imaging	www.ti.com/video
		Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265

Copyright © 2005, Texas Instruments Incorporated

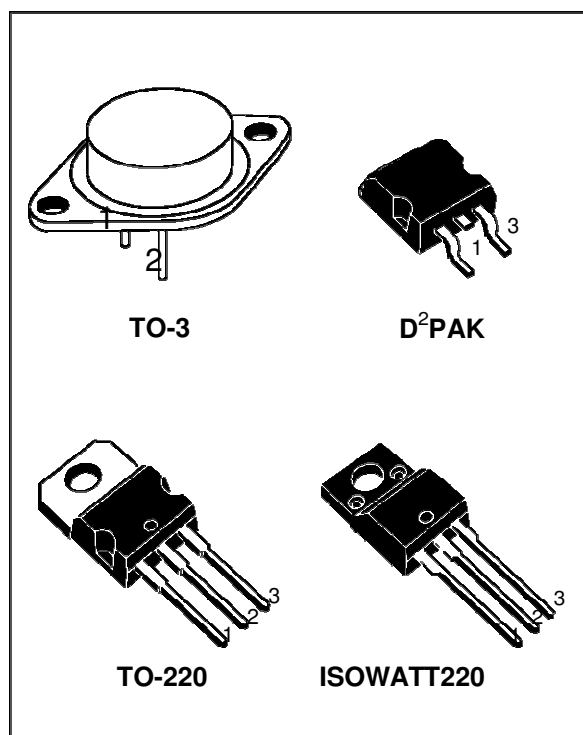
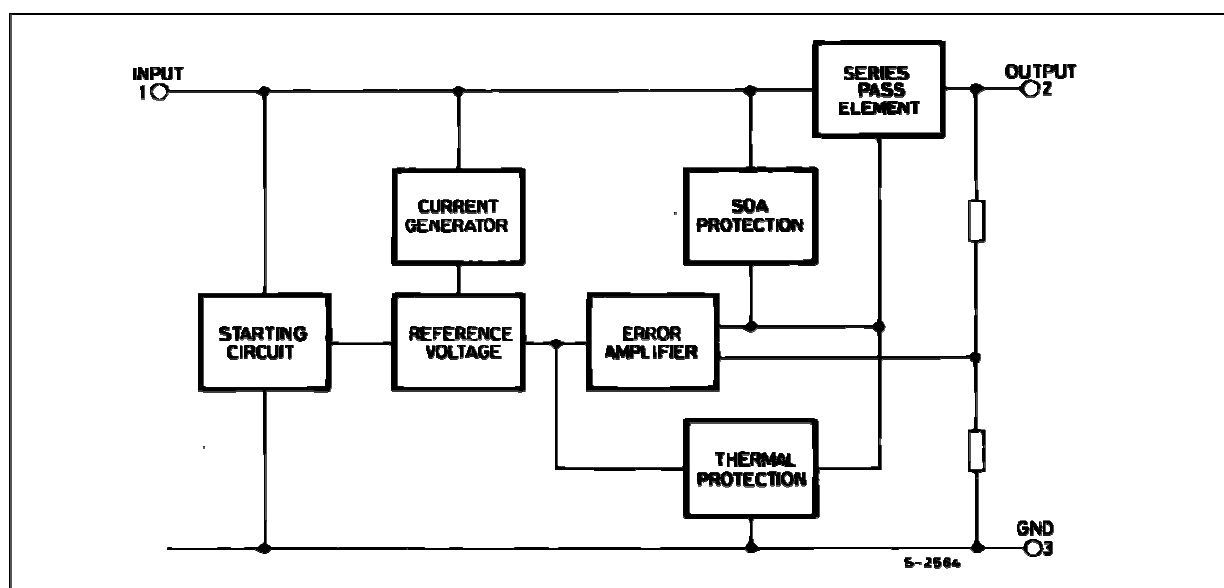
ANEXO E – DATASHEET DA SÉRIE L7800


**L7800
SERIES**
POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

- OUTPUT CURRENT UP TO 1.5 A
- OUTPUT VOLTAGES OF 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 12; 15; 18; 24V
- THERMAL OVERLOAD PROTECTION
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OUTPUT TRANSITION SOA PROTECTION

DESCRIPTION

The L7800 series of three-terminal positive regulators is available in TO-220 ISOWATT220 TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

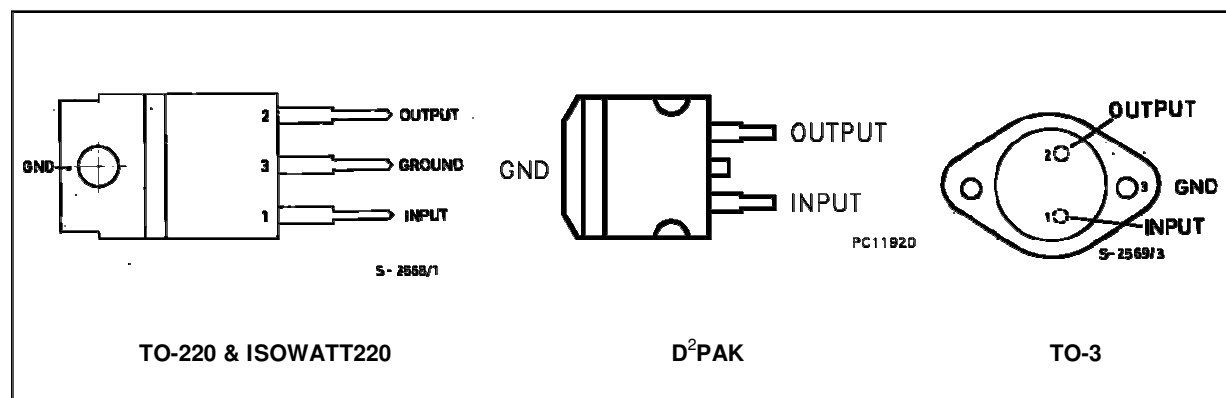

BLOCK DIAGRAM


L7800**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_i	DC Input Voltage (for $V_O = 5$ to 18V) (for $V_O = 20, 24V$)	35	V
		40	V
I_o	Output Current	Internally limited	
P_{tot}	Power Dissipation	Internally limited	
T_{op}	Operating Junction Temperature Range (for L7800) (for L7800C)	- 55 to 125	°C
		0 to 150	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	- 40 to 150	°C

THERMAL DATA

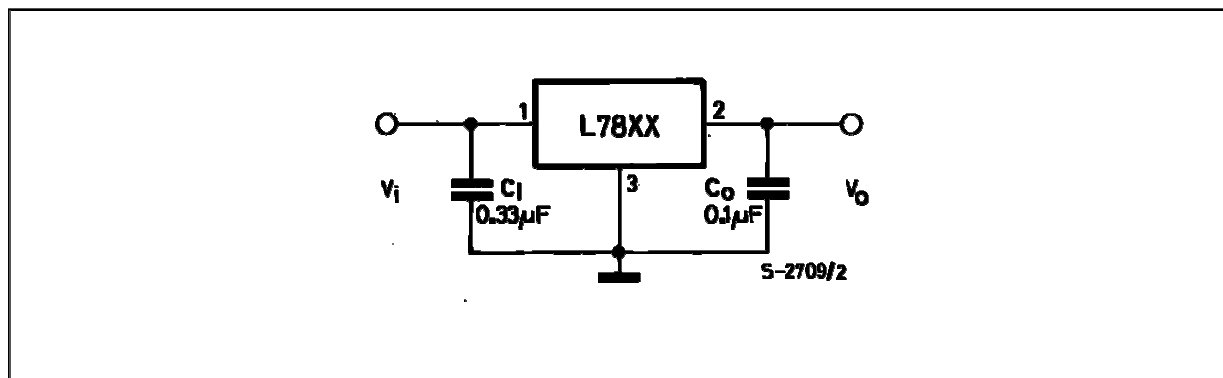
Symbol	Parameter		D ² PAK	TO-220	ISOWATT220	TO-3	Unit
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	3	3	4	4	°C/W
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	62.5	50	60	35	°C/W

CONNECTION DIAGRAM AND ORDERING NUMBERS (top view)

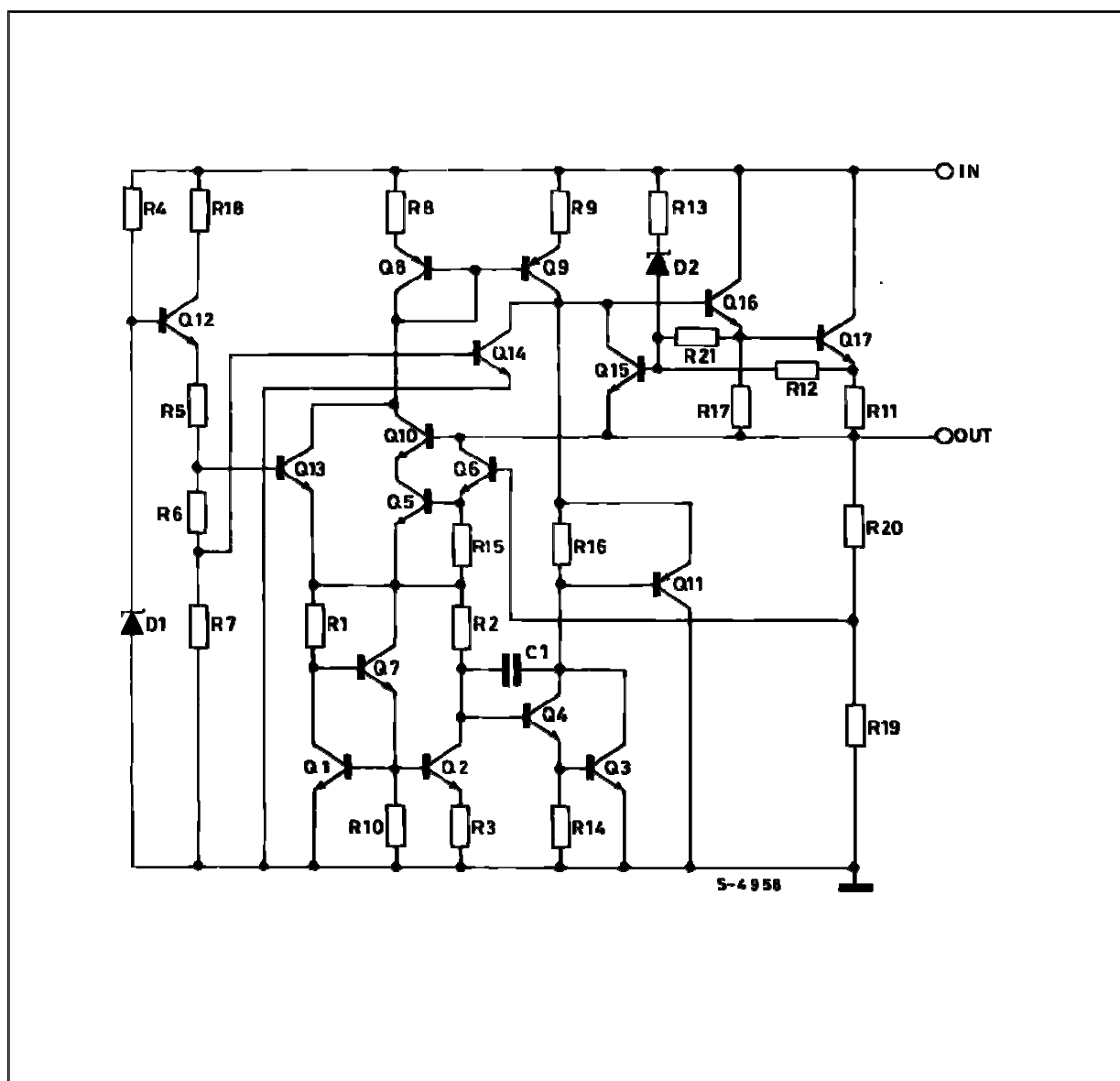
Type	TO-220	D ² PAK (*)	ISOWATT 220	TO-3	Output Voltage
L7805				L7805T	5V
L7805C	L7805CV	L7805CD2T	L7805CP	L7805CT	5V
L7852C	L7852CV	L7852CD2T	L7852CP	L7852CT	5.2V
L7806				L7806T	6V
L7806C	L7806CV	L7806CD2T	L7806CP	L7806CT	6V
L7808				L7808T	8V
L7808C	L7808CV	L7808CD2T	L7808CP	L7808CT	8V
L7885C	L7885CV	L7885CD2T	L7885CP	L7885CT	8.5V
L7809C	L7809CV	L7809CD2T	L7809CP	L7809CT	9V
L7812				L7812T	12V
L7812C	L7812CV	L7812CD2T	L7812CP	L7812CT	12V
L7815				L7815T	15V
L7815C	L7815CV	L7815CD2T	L7815CP	L7815CT	15V
L7818				L7818T	18V
L7818C	L7818CV	L7818CD2T	L7818CP	L7818CT	18V
L7820				L7820T	20V
L7820C	L7820CV	L7820CD2T	L7820CP	L7820CT	20V
L7824				L7824T	24V
L7824C	L7824CV	L7824CD2T	L7824CP	L7824CT	24V

(*) AVAILABLE IN TAPE AND REEL WITH "-TR" SUFFIX

APPLICATION CIRCUIT



SCHEMATIC DIAGRAM



L7800

TEST CIRCUITS

Figure 1 : DC Parameter

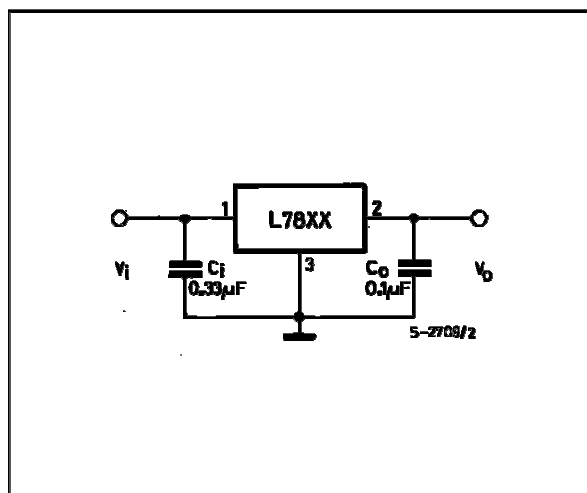


Figure 2 : Load Regulation.

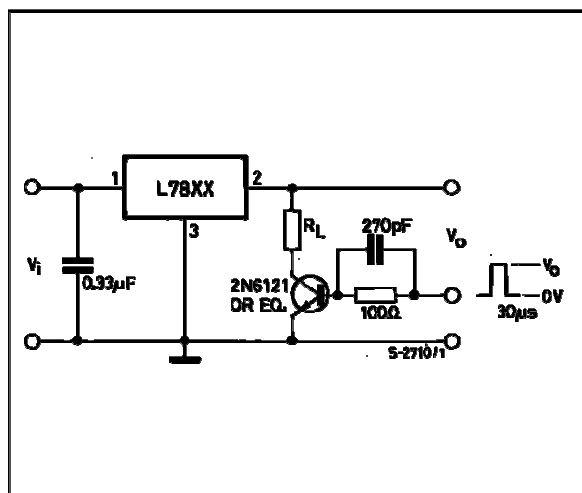
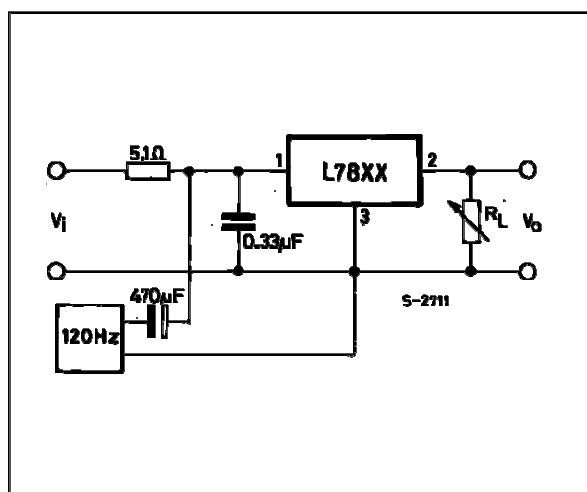


Figure 3 : Ripple Rejection.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 10$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 8$ to 20 V	4.65	5	5.35	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 8$ to 12 V $T_j = 25$ °C		3 1	50 25	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 25	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 8$ to 25 V			0.8	mV
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		0.6		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8$ to 18 V $f = 120$ Hz	68			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		17		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7806 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 15$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	5.75	6	6.25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 9$ to 21 V	5.65	6	6.35	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 8$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 9$ to 13 V $T_j = 25$ °C			60 30	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 30	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 9$ to 25 V			0.8	mV
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		0.7		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 9$ to 19 V $f = 120$ Hz	65			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		19		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

L7800

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7808 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 14$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	7.7	8	8.3	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 11.5$ to 23 V	7.6	8	8.4	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 10.5$ to 25 V $T_j = 25$ °C $V_i = 11$ to 17 V $T_j = 25$ °C			80 40	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 40	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 11.5$ to 25 V			0.8	
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		1		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 11.5$ to 21.5 V $f = 120$ Hz	62			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		16		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7812 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 19$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	11.5	12	12.5	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 15.5$ to 27 V	11.4	12	12.6	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 14.5$ to 30 V $T_j = 25$ °C $V_i = 16$ to 22 V $T_j = 25$ °C			120 60	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			100 60	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 15$ to 30 V			0.8	
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		1.5		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 15$ to 25 V $f = 120$ Hz	61			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		18		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7815 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 23$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	14.4	15	15.6	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 18.5$ to 30 V	14.25	15	15.75	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 17.5$ to 30 V $T_j = 25$ °C $V_i = 20$ to 26 V $T_j = 25$ °C			150 75	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			150 75	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 18.5$ to 30 V			0.8	mV
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		1.8		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 18.5$ to 28.5 V $f = 120$ Hz	60			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		19		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7818 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 26$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	17.3	18	18.7	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 22$ to 33 V	17.1	18	18.9	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 21$ to 33 V $T_j = 25$ °C $V_i = 24$ to 30 V $T_j = 25$ °C			180 90	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			180 90	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 22$ to 33 V			0.8	mV
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		2.3		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 22$ to 32 V $f = 120$ Hz	59			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		22		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

L7800

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7820 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 28$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	19.2	20	20.8	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 24$ to 35 V	19	20	21	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 22.5$ to 35 V $T_j = 25$ °C $V_i = 26$ to 32 V $T_j = 25$ °C			200 100	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			200 100	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 24$ to 35 V			0.8	mV
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		2.5		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 24$ to 35 V $f = 120$ Hz	58			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		24		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7824 (refer to the test circuits, $T_j = -55$ to 150 °C, $V_i = 33$ V, $I_o = 500$ mA, $C_i = 0.33$ μ F, $C_o = 0.1$ μ F unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25$ °C	23	24	25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5$ mA to 1 A $P_o \leq 15$ W $V_i = 28$ to 38 V	22.8	24	25.2	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 27$ to 38 V $T_j = 25$ °C $V_i = 30$ to 36 V $T_j = 25$ °C			240 120	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5$ to 1500 mA $T_j = 25$ °C $I_o = 250$ to 750 mA $T_j = 25$ °C			240 120	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25$ °C			6	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5$ to 1000 mA			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 28$ to 38 V			0.8	mV
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5$ mA		3		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10$ Hz to 100 KHz $T_j = 25$ °C			40	μ V/ V_o
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 28$ to 38 V $f = 120$ Hz	56			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1$ A $T_j = 25$ °C		2	2.5	V
R_o	Output Resistance	$f = 1$ KHz		28		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35$ V $T_j = 25$ °C		0.75	1.2	A
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25$ °C	1.3	2.2	3.3	A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7805C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to 125°C , $V_i = 10\text{V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$	4.8	5	5.2	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 7\text{ to }20\text{ V}$	4.75	5	5.25	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7\text{ to }25\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $V_i = 8\text{ to }12\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		3 1	100 50	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$			100 50	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$			8	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 7\text{ to }25\text{ V}$			0.8	mV
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1.1		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz to }100\text{KHz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		40		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8\text{ to }18\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	62			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		17		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		750		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7852C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to 125°C , $V_i = 10\text{V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25^\circ\text{C}$	5.0	5.2	5.4	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 8\text{ to }20\text{ V}$	4.95	5.2	5.45	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 7\text{ to }25\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $V_i = 8\text{ to }12\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		3 1	105 52	mV mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$			105 52	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$			8	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 7\text{ to }25\text{ V}$			1.3	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1.0		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz to }100\text{KHz}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		42		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 8\text{ to }18\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	61			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		17		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25^\circ\text{C}$		750		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25^\circ\text{C}$		2.2		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

L7800

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7806C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 11\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	5.75	6	6.25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 8\text{ to }21\text{ V}$	5.7	6	6.3	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 8\text{ to }25\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 9\text{ to }13\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			120 60	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			120 60	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 8\text{ to }25\text{ V}$			1.3	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-0.8		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		45		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 9\text{ to }19\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	59			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		19		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		550		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7808C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 14\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	7.7	8	8.3	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 10.5\text{ to }25\text{ V}$	7.6	8	8.4	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 10.5\text{ to }25\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 11\text{ to }17\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			160 80	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			160 80	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 10.5\text{ to }25\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-0.8		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		52		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 11.5\text{ to }21.5\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	56			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		16		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		450		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.2		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7885C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 14.5\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	8.2	8.5	8.8	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 11\text{ to }26\text{ V}$	8.1	8.5	8.9	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 11\text{ to }27\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 11.5\text{ to }17.5\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			160 80	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			160 80	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 11\text{ to }27\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-0.8		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		55		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 12\text{ to }22\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	56			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		16		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		450		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7809C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 15\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	8.65	9	9.35	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 11.5\text{ to }26\text{ V}$	8.55	9	9.45	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 11.5\text{ to }26\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 12\text{ to }18\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			180 90	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			180 90	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 11.5\text{ to }26\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1.0		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		70		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 12\text{ to }23\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	55			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		17		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		400		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.2		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

L7800

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7812C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 19\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	11.5	12	12.5	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 14.5\text{ to }27\text{ V}$	11.4	12	12.6	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 14.5\text{ to }30\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 16\text{ to }22\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			240 120	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			240 120	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 14.5\text{ to }30\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		75		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 15\text{ to }25\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	55			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		18		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		350		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.2		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7815C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 23\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	14.4	15	15.6	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 17.5\text{ to }30\text{ V}$	14.25	15	15.75	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 17.5\text{ to }30\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 20\text{ to }26\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			300 150	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			300 150	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 17.5\text{ to }30\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		90		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 18.5\text{ to }28.5\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	54			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		19		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		230		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.1		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7818C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 26\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	17.3	18	18.7	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 21\text{ to }33\text{ V}$	17.1	18	18.9	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 21\text{ to }33\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 24\text{ to }30\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			360 180	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			360 180	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 21\text{ to }33\text{ V}$			1	
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		110		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 22\text{ to }32\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	53			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		22		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		200		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.1		A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7820C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 28\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	19.2	20	20.8	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 23\text{ to }35\text{ V}$	19	20	21	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 22.5\text{ to }35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 26\text{ to }32\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			400 200	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			400 200	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mV
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 23\text{ to }35\text{ V}$			1	
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1		mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		150		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 24\text{ to }35\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	52			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		24		$\text{m}\Omega$
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		180		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.1		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

L7800

ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR L7824C (refer to the test circuits, $T_j = 0$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_i = 33\text{ V}$, $I_o = 500\text{ mA}$, $C_i = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_o = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_o	Output Voltage	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	23	24	25	V
V_o	Output Voltage	$I_o = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $P_o \leq 15\text{ W}$ $V_i = 27\text{ to }38\text{ V}$	22.8	24	25.2	V
ΔV_o^*	Line Regulation	$V_i = 27\text{ to }38\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $V_i = 30\text{ to }36\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			480 240	mV
ΔV_o^*	Load Regulation	$I_o = 5\text{ to }1500\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_o = 250\text{ to }750\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			480 240	mV
I_d	Quiescent Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			8	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$I_o = 5\text{ to }1000\text{ mA}$			0.5	mA
ΔI_d	Quiescent Current Change	$V_i = 27\text{ to }38\text{ V}$			1	mA
$\frac{\Delta V_o}{\Delta T}$	Output Voltage Drift	$I_o = 5\text{ mA}$		-1.5		mV/°C
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{ Hz to }100\text{ KHz}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		170		μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$V_i = 28\text{ to }38\text{ V}$ $f = 120\text{ Hz}$	50			dB
V_d	Dropout Voltage	$I_o = 1\text{ A}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2		V
R_o	Output Resistance	$f = 1\text{ KHz}$		28		m Ω
I_{sc}	Short Circuit Current	$V_i = 35\text{ V}$ $T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		150		mA
I_{scp}	Short Circuit Peak Current	$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$		2.1		A

* Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_o due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

Figure 4 : Dropout Voltage vs. Junction Temperature.

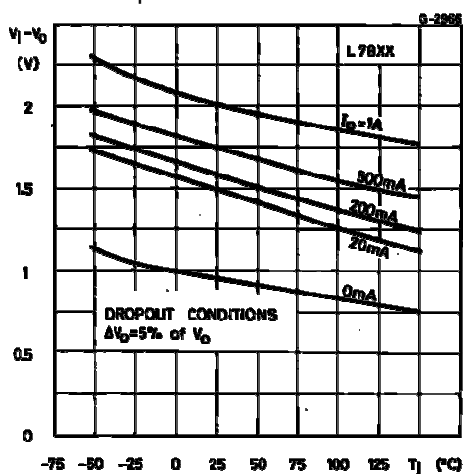


Figure 6 : Supply Voltage Rejection vs. Frequency.

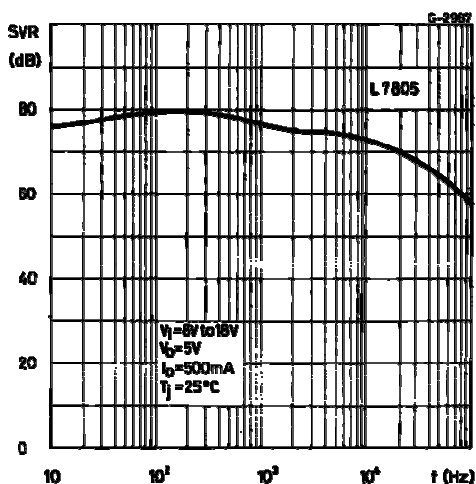


Figure 8 : Output Impedance vs. Frequency.

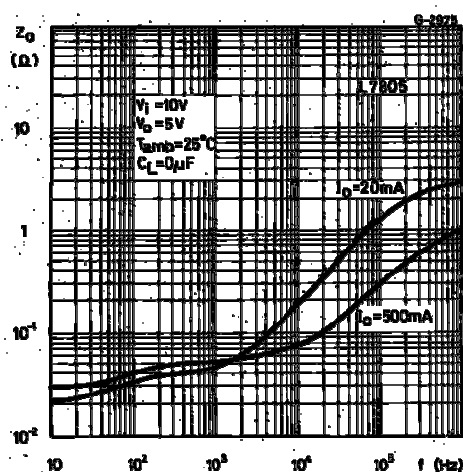


Figure 5 : Peak Output Current vs. Input/output Differential Voltage.

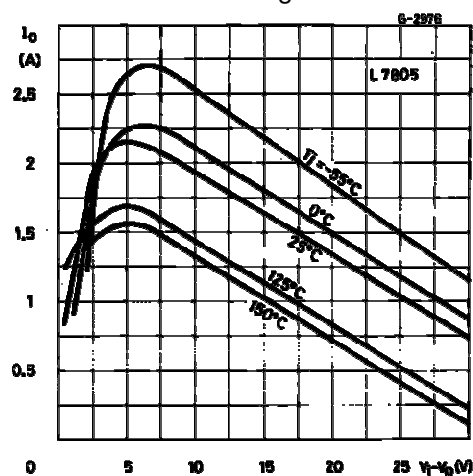


Figure 7 : Output Voltage vs. Junction Temperature.

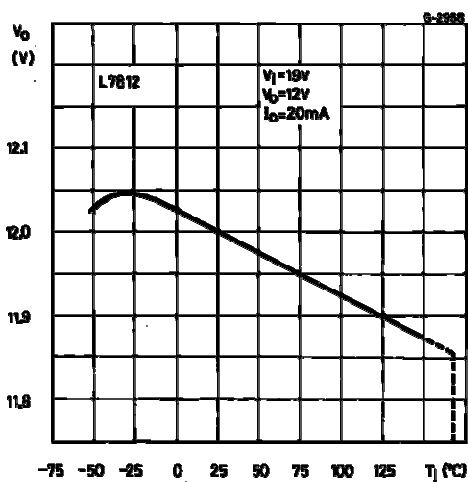
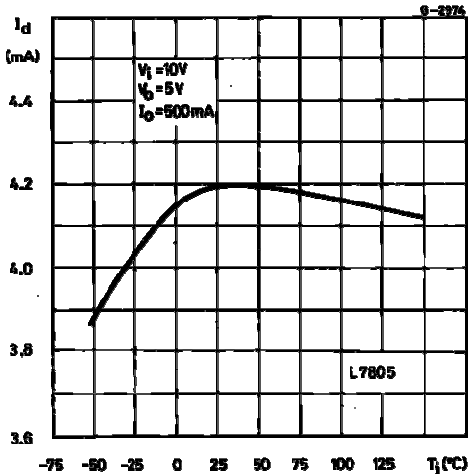


Figure 9 : Quiescent Current vs. Junction Temperature.



L7800

Figure 10 : Load Transient Response.

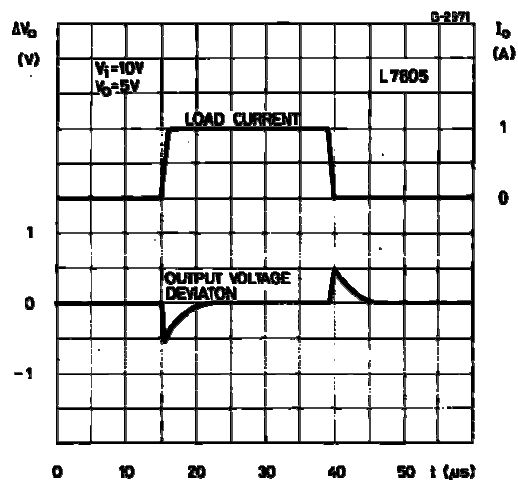


Figure 11 : Line Transient Response.

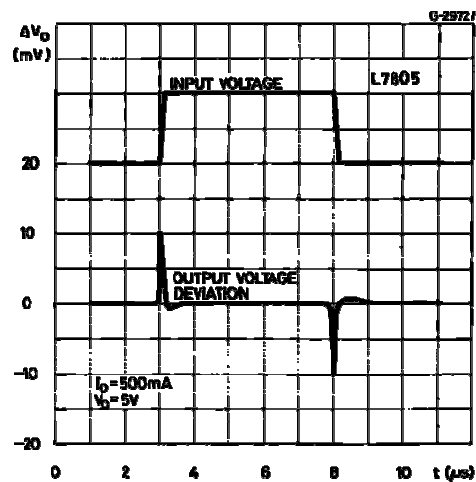


Figure 12 : Quiescent Current vs. Input Voltage.

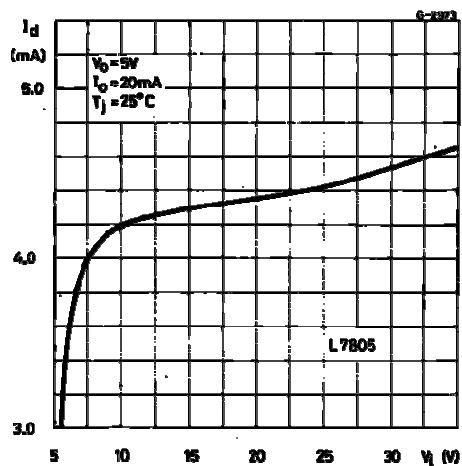


Figure 13 : Fixed Output Regulator.

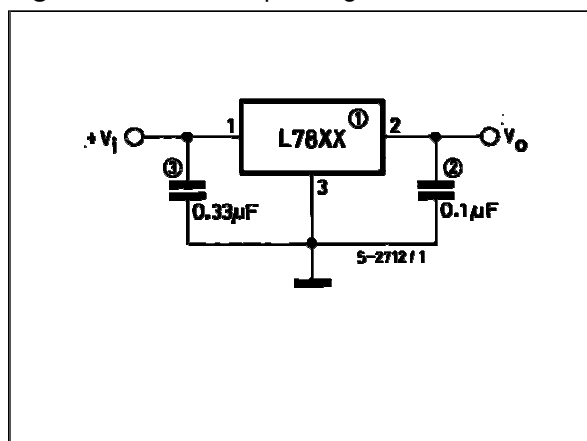
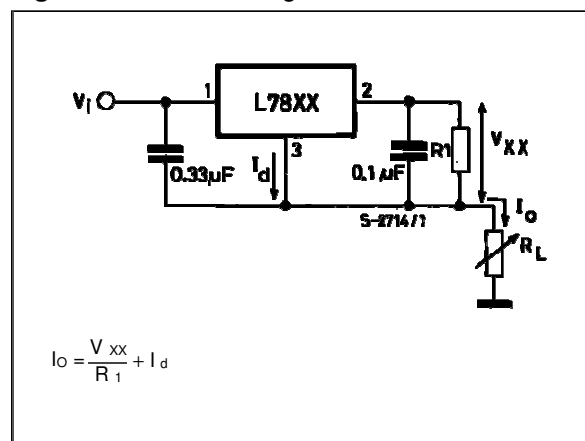


Figure 14 : Current Regulator.



NOTE:

1. To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX".
2. Although no output capacitor is need for stability, it does improve transient response.
3. Required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

Figure 15 : Circuit for Increasing Output Voltage.

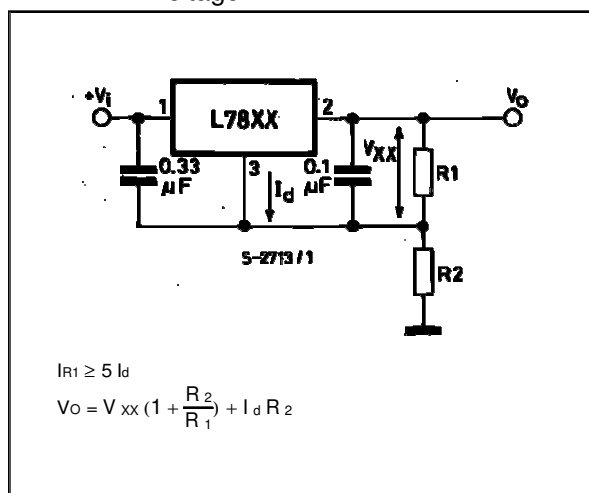


Figure 16 : Adjustable Output Regulator (7 to 30V).

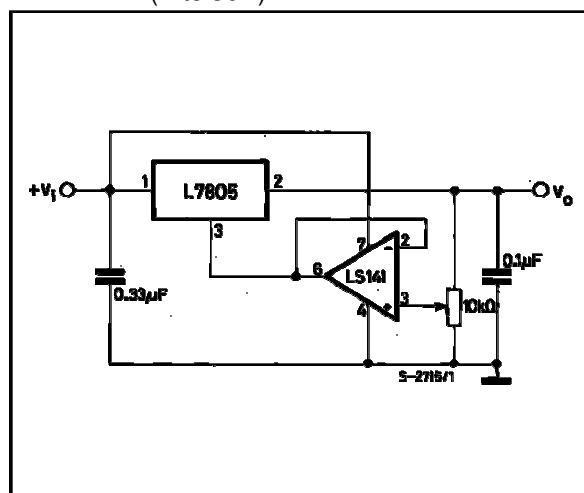


Figure 17 : 0.5 to 10V Regulator.

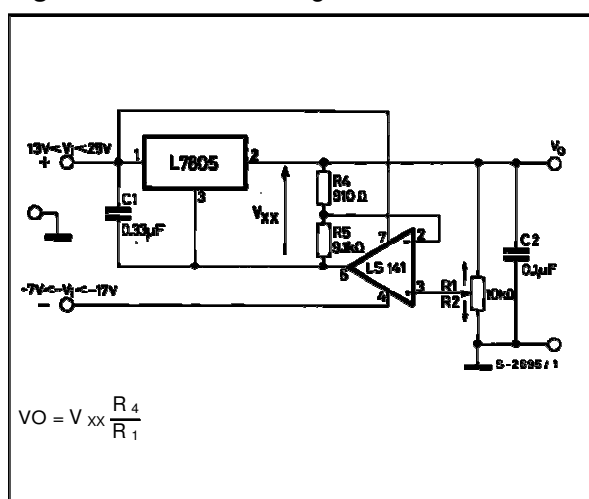
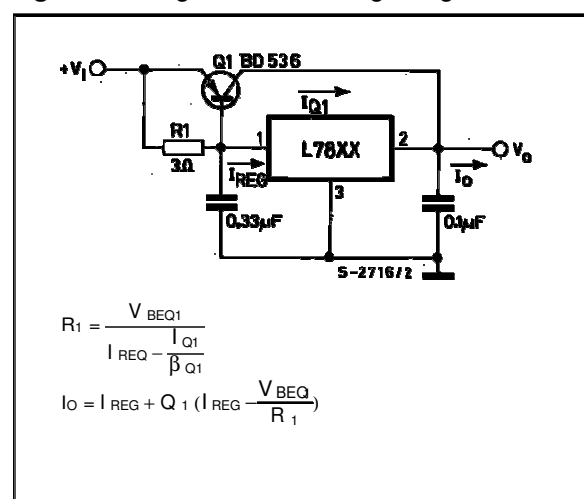
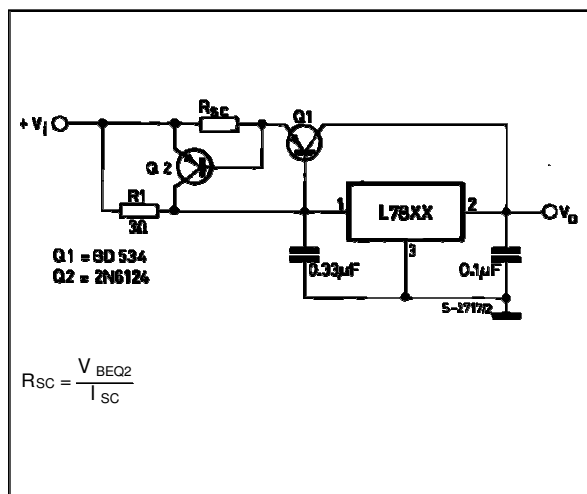
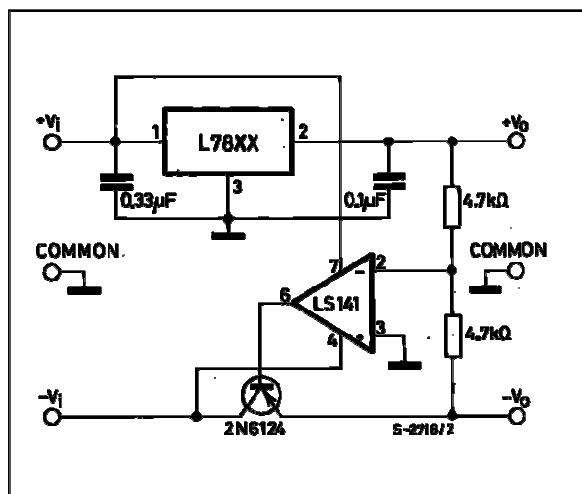
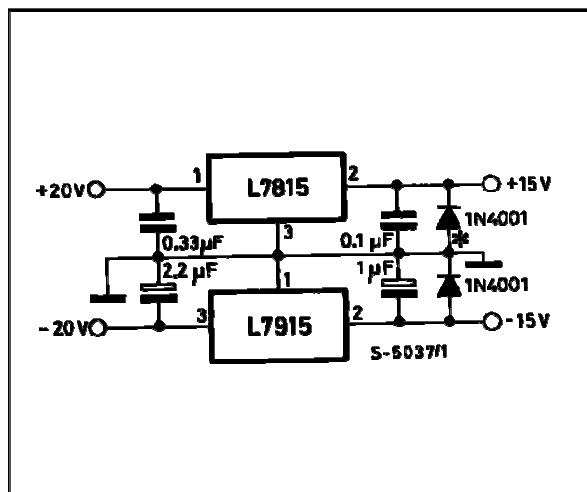
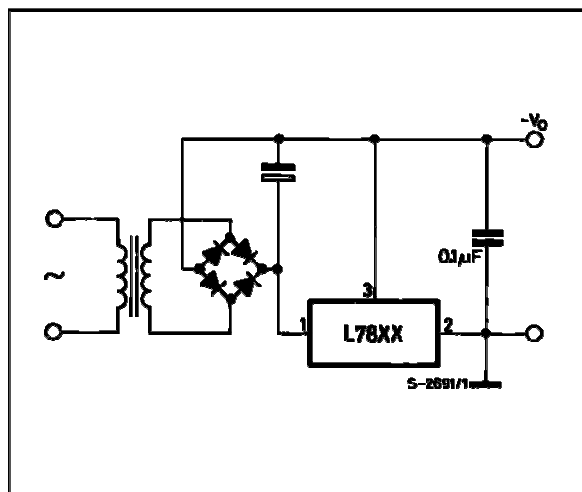


Figure 18 : High Current Voltage Regulator.



L7800

Figure 19 : High Output Current with Short Circuit Protection.**Figure 20 :** Tracking Voltage Regulator.**Figure 21 :** Split Power Supply ($\pm 15V - 1A$).**Figure 22 :** Negative Output Voltage Circuit.

* Against potential latch-up problems.

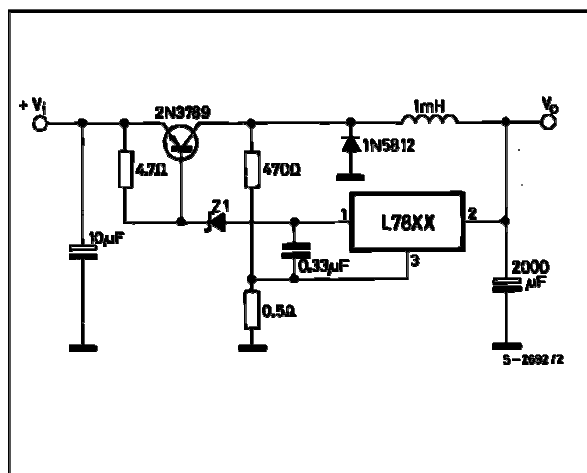
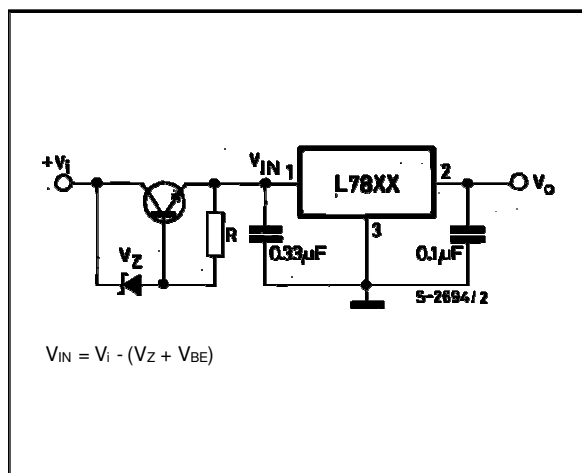
Figure 23 : Switching Regulator.**Figure 24 :** High Input Voltage Circuit.

Figure 25 : High Input Voltage Circuit.

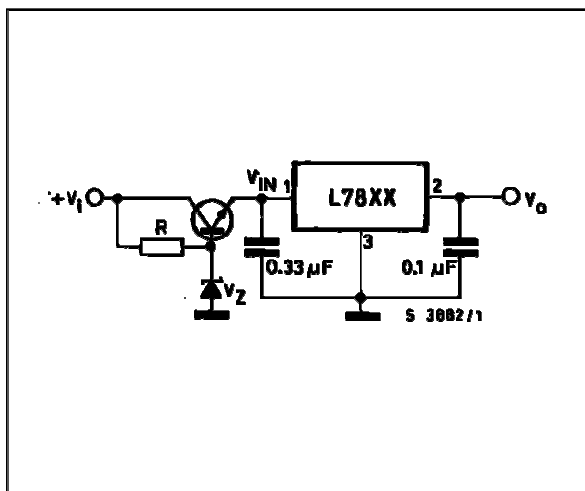


Figure 26 : High Output Voltage Regulator.

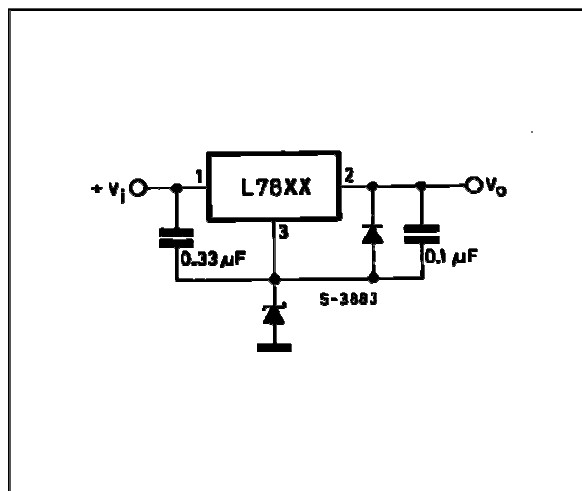


Figure 27 : High Input and Output Voltage.

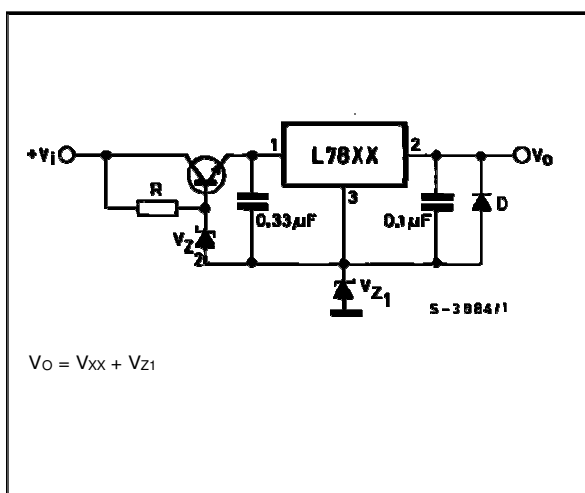


Figure 28 : Reducing Power Dissipation with Dropping Resistor.

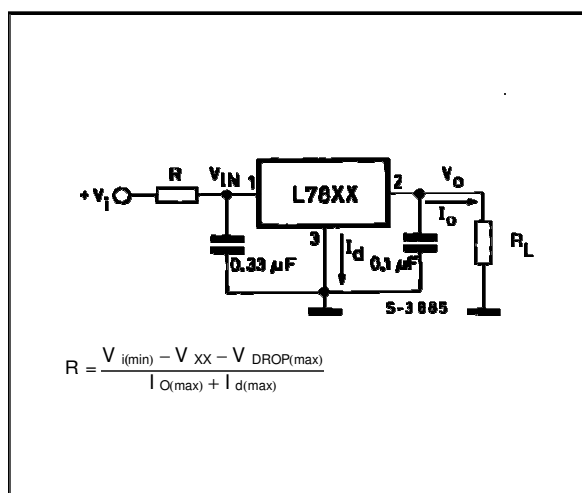
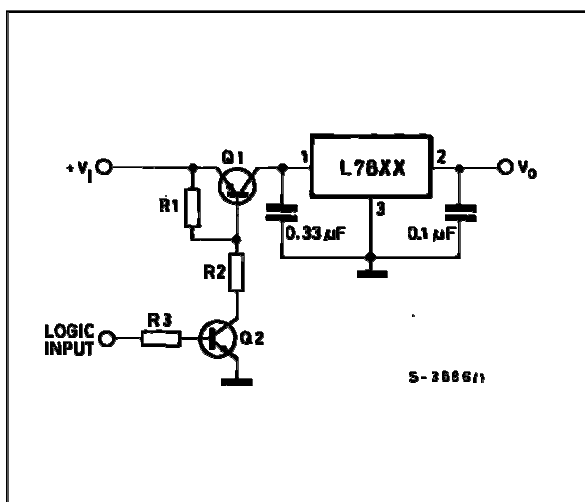
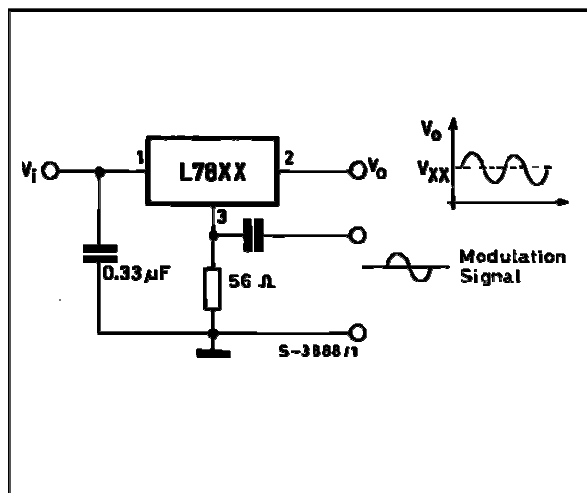


Figure 29 : Remote Shutdown.



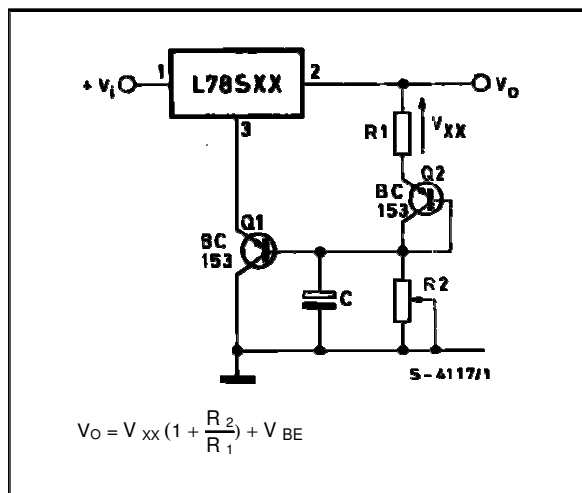
L7800

Figure 30 : Power AM Modulator (unity voltage gain, $I_o < 1A$).



NOTE: The circuit performs well up to 100KHz

Figure 31 : Adjustable Output Voltage with Temperature Compensation.



NOTE: Q2 is connected as a diode in order to compensate the variation of the Q1 V_{BE} with the temperature. C allows a slow rise-time of the V_o

Figure 32 : Light Controllers ($V_o \min = V_{xx} + V_{BE}$).

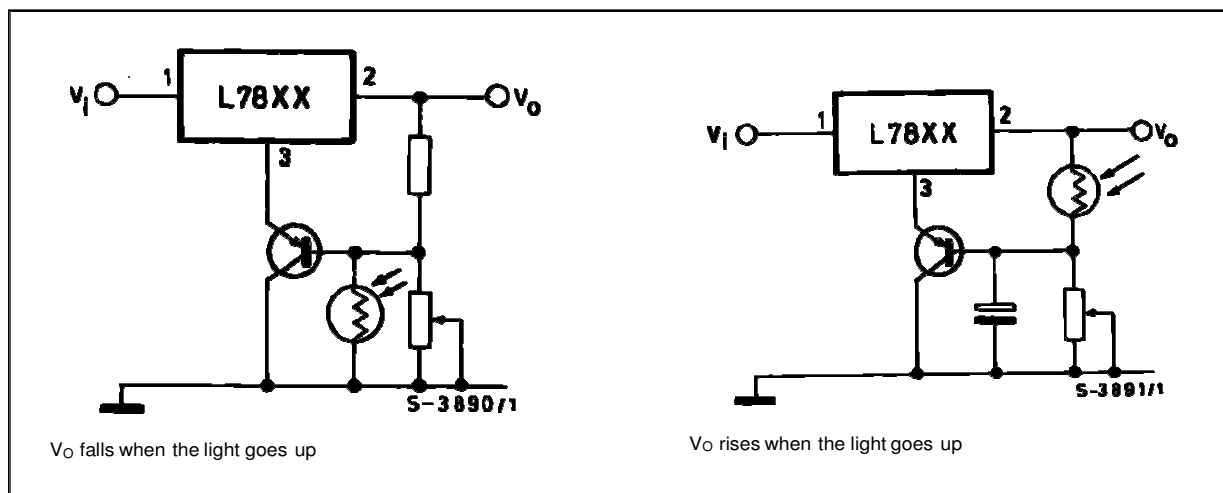
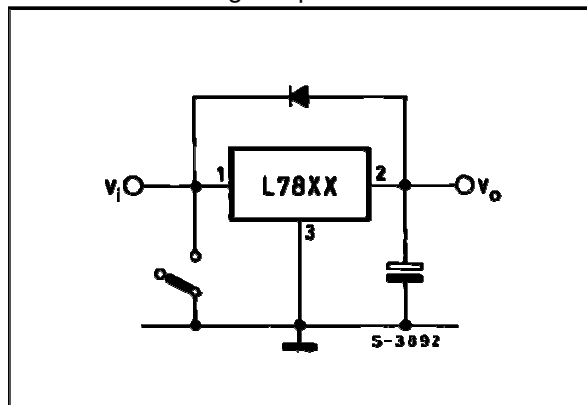


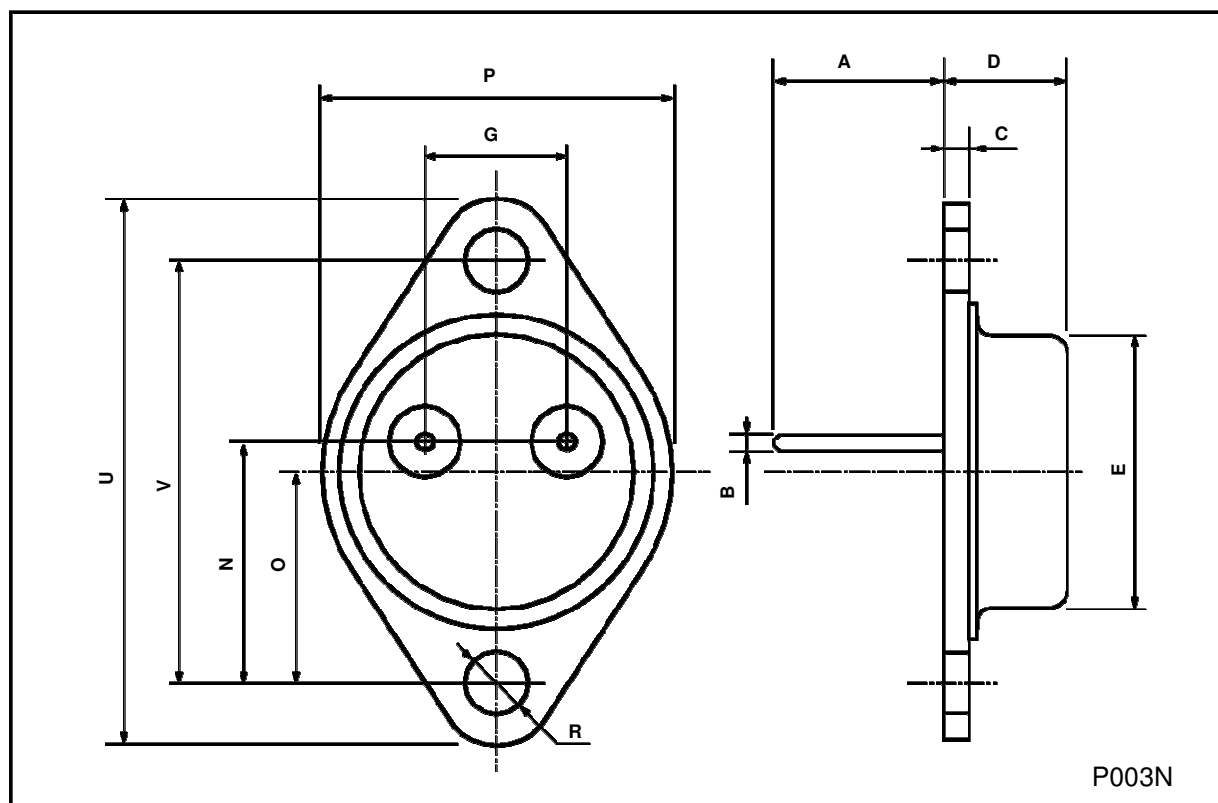
Figure 33 : Protection against Input Short-circuit with High Capacitance Loads.



Application with high capacitance loads and an output voltage greater than 6 volts need an external diode (see fig. 33) to protect the device against input short circuit. In this case the input voltage falls rapidly while the output voltage decrease slowly. The capacitance discharges by means of the Base-Emitter junction of the series pass transistor in the regulator. If the energy is sufficiently high, the transistor may be destroyed. The external diode by-passes the current from the IC to ground.

TO-3 (R) MECHANICAL DATA

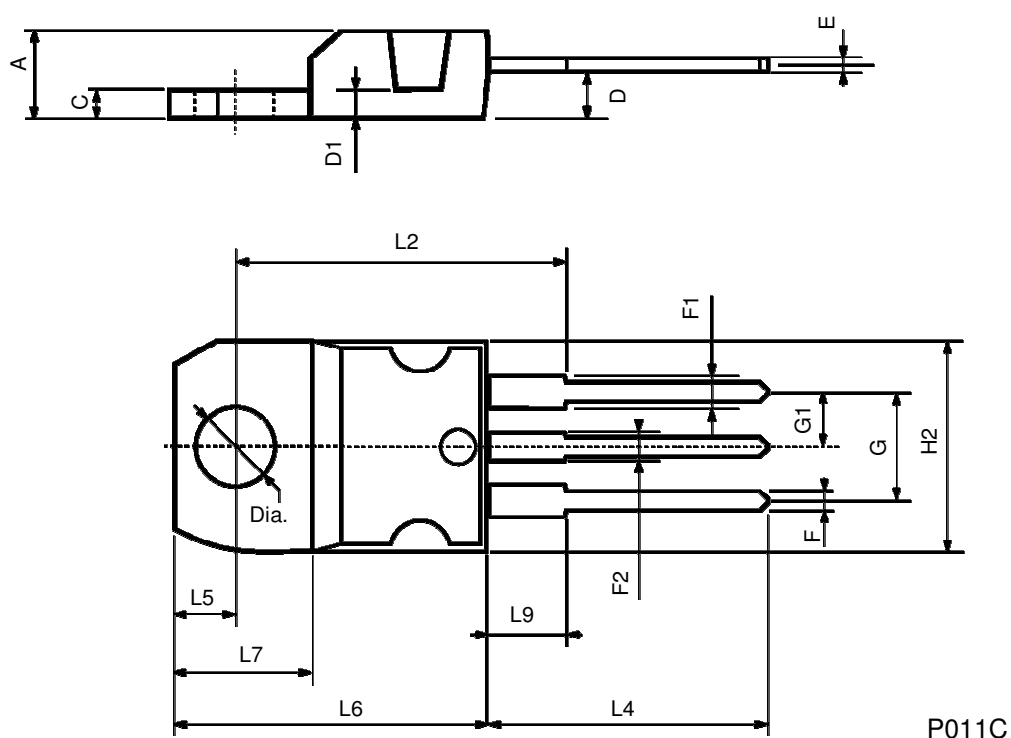
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A		11.7			0.460	
B	0.96		1.10	0.037		0.043
C			1.70			0.066
D			8.7			0.342
E			20.0			0.787
G		10.9			0.429	
N		16.9			0.665	
P			26.2			1.031
R	3.88		4.09	0.152		0.161
U			39.50			1.555
V		30.10			1.185	



L7800

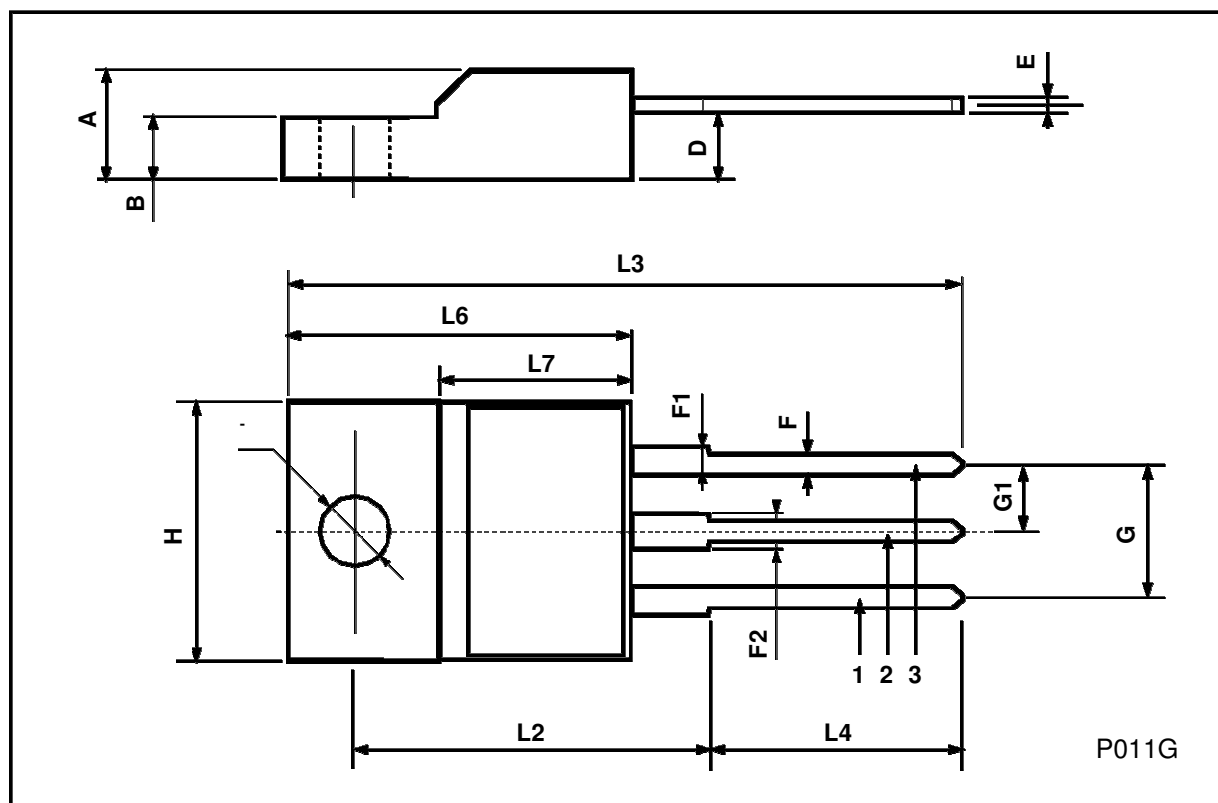
TO-220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.051
D	2.40		2.72	0.094		0.107
D1		1.27			0.050	
E	0.49		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.88	0.024		0.034
F1	1.14		1.70	0.044		0.067
F2	1.14		1.70	0.044		0.067
G	4.95		5.15	0.194		0.203
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H2	10.0		10.40	0.393		0.409
L2		16.4			0.645	
L4	13.0		14.0	0.511		0.551
L5	2.65		2.95	0.104		0.116
L6	15.25		15.75	0.600		0.620
L7	6.2		6.6	0.244		0.260
L9	3.5		3.93	0.137		0.154
DIA.	3.75		3.85	0.147		0.151



ISOWATT220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
B	2.5		2.7	0.098		0.106
D	2.5		2.75	0.098		0.108
E	0.4		0.7	0.015		0.027
F	0.75		1	0.030		0.039
F1	1.15		1.7	0.045		0.067
F2	1.15		1.7	0.045		0.067
G	4.95		5.2	0.195		0.204
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H	10		10.4	0.393		0.409
L2		16			0.630	
L3	28.6		30.6	1.126		1.204
L4	9.8		10.6	0.385		0.417
L6	15.9		16.4	0.626		0.645
L7	9		9.3	0.354		0.366
Ø	3		3.2	0.118		0.126



Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, SGS-THOMSON Microelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of SGS-THOMSON Microelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. SGS-THOMSON Microelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of SGS-THOMSON Microelectronics.

© 1997 SGS-THOMSON Microelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved

SGS-THOMSON Microelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Hong Kong - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Morocco - The Netherlands - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A

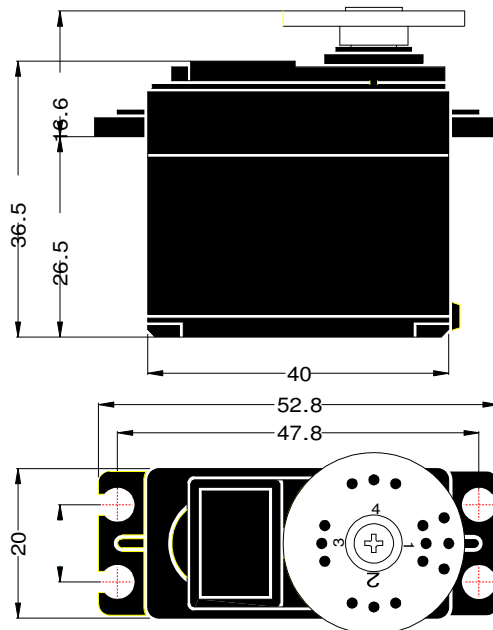
ANEXO F – ESPECIFICAÇÕES DO SERVO HS-311

PREPARED BY JUN HEE, LEE
UPDATE: APR 01, 2002

ANNOUNCED SPECIFICATION OF HS-311 STANDARD SERVO

1. TECHNICAL VALUE

CONTROL SYSTEM	: +PULSE WIDTH CONTROL 1500usec NEUTRAL	
OPERATING VOLTAGE RANGE	: 4.8V TO 6.0V	
TEST VOLTAGE	: AT 4.8V	AT 6.0V
OPERATING SPEED	: 0.19sec/60° AT NO LOAD	0.15sec/60° AT NO LOAD
STALL TORQUE	: 3.0kg.cm(42oz.in)	3.5kg.cm(48.60oz.in)
IDLE CURRENT	: 7.4mA AT STOPPED	7.7mA AT STOPPED
RUNNING CURRENT	: 160mA/60° AT NO LOAD	180mA/60° AT NO LOAD
STALL CURRENT	: 700mA	800mA
DEAD BAND WIDTH	: 5usec	5usec
OPERATING TRAVEL	: 40° ONE SIDE PULSE TRAVELING 400usec	
DIRECTION	: CLOCK WISE/PULSE TRAVELING 1500 TO 1900usec	
MOTOR TYPE	: CORED METAL BRUSH	
POTENTIOMETER TYPE	: 4 SLIDER/DIRECT DRIVE	
AMPLIFIER TYPE	: ANALOG CONTROLLER & TRANSISTOR DRIVER	
DIMENSIONS	: 40x20x36.5mm(1.57x0.78x1.43in)	
WEIGHT	: 43g(1.51oz)	
BALL BEARING	: TOP/RESIN BUSHING	
GEAR MATERIAL	: RESIN	
HORN GEAR SPLINE	: 24 SEGMENTS/° 576	
SPLINED HORNS	: SUPER/R-XA	
CONNECTOR WIRE LENGTH	: 300mm(11.81in)	
CONNECTOR WIRE STRAND COUNTER	: 40EA	
CONNECTOR WIRE GAUGE		



2. FEATURES

LONG LIFE POTENTIOMETER, TOP RESIN BUSHING

APPLICATIONS

AIRCRAFT 20-40 SIZE, STEERING AND THROTTLE SERVO FOR CARS, TRUCK AND BOATS

4. ACCESSORY & OPTION

CASE SET/
HS322T: 1EA
HS322M: 1EA
HS322L: 1EA
PH/T-2 2x30 NI: 4EA

ANEXO G – PROGRAMA EM C CARREGADO NO RABBIT

```
#class auto      // Muda o armazenamento padrão para variáveis locais para
"auto"

#define Servo  0
#define Motor1 1
#define Motor2 2
#define EnableMotor1 8
#define EnableMotor2 9
#define CommandTime 3000
#define CINBUFSIZE 15
#define COUTBUFSIZE 15

// Declaração de funções
float turn_camera ( char command, float duty_cycle );
float motor ( int motor_number, char command, float motor_duty_cycle1, float
motor_duty_cycle2 );
void motor_status ( int motor_number, char status );

// Programa principal
void main()
{
    unsigned long freq;
    float duty_cycle;    // Duty cycle do sinal PWM, utilizado no direcionamento
do servo da câmera
    float motor_duty_cycle1, motor_duty_cycle2;    // Duty cycle do sinal
PWM, utilizado no direcionamento do servo da câmera
    int cont;

// Inicialização da placa, configura todas as entradas e saídas
#if _BOARD_TYPE_ == 0x1200 || _BOARD_TYPE_ == 0x1201
    brdInit();
#endif
    serCopen(9600); // Configura Baud Rate
    serCwrFlush();
    serCrdfFlush();
    serMode(0);    // Ativa RS-232

    freq = pwmOutConfig(50ul);    // Configura frequencia de geração do PWM,
período de 20ns

// Disable motores
    motor_status ( 1, 'd' );
    motor_status ( 2, 'd' );

// Posição central da câmera
    duty_cycle = turn_camera ( 'i', 0.07 );

    motor_duty_cycle1 = motor ( 1, 'i', 0.50, 0.50 );
    motor_duty_cycle2 = motor ( 2, 'i', 0.50, 0.50 );
```

```

// Assumi que o motor 1 é o da esquerda
while (serCgetc() != 27) {          // Termina com recebimento de Esc
    switch(serCgetc()){
        case 'a': //Acelerar para frente
            motor_status ( 1, 'e' );
            motor_status ( 2, 'e' );
            for (cont = 0; cont < CommandTime; cont++);
            motor_status ( 1, 'd' );
            motor_status ( 2, 'd' );
            break;
        case 'b': //Acelerar para trás
            motor_status ( 1, 'e' );
            motor_status ( 2, 'e' );
            for (cont = 0; cont < CommandTime; cont++);
            motor_status ( 1, 'd' );
            motor_status ( 2, 'd' );
            break;
        case 'c': //Virar para esquerda
            motor_status ( 2, 'e' );
            for (cont = 0; cont < CommandTime; cont++);
            motor_status ( 2, 'd' );
            break;
        case 'd': //Virar para direita
            motor_status ( 1, 'e' );
            for (cont = 0; cont < CommandTime; cont++);
            motor_status ( 1, 'd' );
            break;
        case 'e': //Parar veículo
            motor_status ( 1, 'd' );
            motor_status ( 2, 'd' );
            motor_duty_cycle1 = motor ( 1, 'i', 0.50, 0.50 );
            motor_duty_cycle2 = motor ( 2, 'i', 0.50, 0.50 );
            break;
        case 'f': //Aumentar velocidade
            motor_duty_cycle1 = motor ( 1, 'l', motor_duty_cycle1,
motor_duty_cycle2 );
            motor_duty_cycle2 = motor ( 2, 'l', motor_duty_cycle1,
motor_duty_cycle2 );
            break;
        case 'g': //Diminuir velocidade
            motor_duty_cycle1 = motor ( 1, 'r', motor_duty_cycle1,
motor_duty_cycle2 );
            motor_duty_cycle2 = motor ( 2, 'r', motor_duty_cycle1,
motor_duty_cycle2 );
            break;
        case 'h': //Acelerar para frente, virando à esquerda
            break;
        case 'i': //Acelerar para frente, virando à direita
            break;
        case 'j': //Acelerar para trás, virando à esquerda
            break;
        case 'k': //Acelerar para trás, virando à direita
            break;
    }
}

```

```

    case 'l': //Virar câmera para a esquerda
        duty_cycle = turn_camera ( 'l', duty_cycle );
        break;
    case 'm': //Virar câmera para a direita
        duty_cycle = turn_camera ( 'r', duty_cycle );
        break;
    case 'n': //Centralizar câmera
        duty_cycle = turn_camera ( 'i', 0.05 );
        break;
} //switch
} //while
while (serCwrFree() != COUTBUFSIZE) ; // allow tx to complete before
closing
    serCclose();
} //main

```

```

// Função para alterar o status do motor para enable ou disable
// Entradas: motor_number: 1 ou 2
//          status: e ou d (enable ou disable)
// Retorno: nada

```

```

void motor_status ( int motor_number, char status ){
    if (motor_number == 1){
        if (status == 'e'){
            digitalWrite(EnableMotor1, 1);
        }
        if (status == 'd'){
            digitalWrite(EnableMotor1, 0);
        }
    }
    if (motor_number == 2){
        if (status == 'e'){
            digitalWrite(EnableMotor2, 1);
        }
        if (status == 'd'){
            digitalWrite(EnableMotor2, 0);
        }
    }
}
}

```

```

// Função que gira o servo direcionador da câmera
float turn_camera ( char command, float duty_cycle ){
    if (command == 'i'){ // Iniciar, centraliza a câmera
        duty_cycle = 0.07;
    }
    if (command == 'r'){ // Direita, estreita a largura do pulso
        if ( duty_cycle <= 0.11 )
            duty_cycle = duty_cycle + 0.01;
    }
    if (command == 'l'){ // Esquerda, aumenta a largura do pulso
        if ( duty_cycle >= 0.03 )
            duty_cycle = duty_cycle - 0.01;
    }
}

```

```

    pwmOut(Servo, duty_cycle);          // Gera o PWM com a largura
    determinada
    return duty_cycle;
}

```

```

// Função que gira o servo direcionador da câmera
float motor ( int motor_number, char command, float motor_duty_cycle1, float
motor_duty_cycle2 ){
    if (motor_number == 1){
        if (command == 'i'){
            motor_duty_cycle1 = 0.50;
        }
        if (command == 'r'){
            if ( motor_duty_cycle1 <= 0.99 )
                motor_duty_cycle1 = motor_duty_cycle1 + 0.01;
        }
        if (command == 'l'){
            if ( motor_duty_cycle1 >= 0.01)
                motor_duty_cycle1 = motor_duty_cycle1 - 0.01;
        }
        pwmOut(Motor1, motor_duty_cycle1);
        return motor_duty_cycle1;
    }
    else if (motor_number == 2){
        if (command == 'i'){
            motor_duty_cycle2 = 0.50;
        }
        if (command == 'r'){
            if ( motor_duty_cycle2 <= 0.99 )
                motor_duty_cycle2 = motor_duty_cycle2 + 0.01;
        }
        if (command == 'l'){
            if ( motor_duty_cycle2 >= 0.01)
                motor_duty_cycle2 = motor_duty_cycle2 - 0.01;
        }
        pwmOut(Motor2, motor_duty_cycle2);
        return motor_duty_cycle2;
    }
}

```

ANEXO H – PROGRAMA EM BASIC DA INTERFACE COM O USUÁRIO

- Arquivo frmtecsiscontrol.frm

Option Explicit

Private Declare Sub Sleep Lib "kernel32" (ByVal dwMilliseconds As Long)

'Definição de todas as teclas do teclado

```
Const KEY_ESC = 27
Const KEY_PAGE_DOWN = 34
Const KEY_NUMPAD_4 = 100
Const KEY_NUMPAD_5 = 101
Const KEY_NUMPAD_6 = 102
Const KEY_NUMPAD_8 = 104
Const KEY_END = 35
Const KEY_DELETE = 46
Const KEY_NUMPAD_PLUS = 107
Const KEY_NUMPAD_DASH = 109
Const KEY_NUMPAD_0 = 96
```

'Key Functions

```
Const P1_UP = KEY_NUMPAD_8      'Acelera veículo
Const P1_DOWN = KEY_NUMPAD_5    'Freia veículo
Const P1_LEFT = KEY_NUMPAD_4    'Vira para esquerda
Const P1_RIGHT = KEY_NUMPAD_6   'Vira para direita
Const P1_SPACE = KEY_NUMPAD_0   'Para veículo
Const P1_PageUp = KEY_NUMPAD_PLUS 'Aumenta velocidade
Const P1_PageDown = KEY_NUMPAD_DASH 'Diminui velocidade
Const P1_CAMLEFT = KEY_DELETE   'Gira câmera para esquerda
Const P1_CAMRIGHT = KEY_PAGE_DOWN 'Gira câmera para direita
Const P1_CAMCENTER = KEY_END    'Centraliza camera
```

'Key Flags

```
Const UP_FLAG = 1
Const DOWN_FLAG = 2
Const LEFT_FLAG = 4
Const RIGHT_FLAG = 8
Const SPACE_FLAG = 16
Const PageUp_FLAG = 32
Const PageDown_FLAG = 64
Const CAMLEFT_FLAG = 128
Const CAMRIGHT_FLAG = 256
Const CAMCENTER_FLAG = 512
```

Dim Neutral_Flag As Boolean, Key_State As Long, Key_Flag As Integer

Dim VelocidadeMotor As Integer 'Velocidade do motor

Dim Up_Control As Boolean, Down_Control As Boolean, Right_Control As Boolean, Left_Control As Boolean 'Variáveis usadas para direções combinadas

```
'Configurações iniciais ao carregar o form
Private Sub Form_Load()
```

```
    'Configurações da Splash Screen
    Me.Hide
    Dim i As Integer
    frmSplash.ShowSplash
    For i = 1 To 3000
        DoEvents
    Next i
    frmSplash.ReadyToWork
```

```
    'Centralização na tela
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
    'Configuração inicial da porta COM (uso típico, COM1, pode ser reconfigurado
    via Menu)
```

```
    MSComm1.CommPort = 1 'Número da COM
    MSComm1.settings = "9600,n,8,1"
    MSComm1.Handshaking = 0
    MSComm1.PortOpen = True
    MSComm1.Output = "CPA00000000" + Chr(13) 'Porta Serial como saída
End Sub
```

```
Private Function Check_Key(Key_Flag As Integer)
    Check_Key = Key_State And Key_Flag
End Function
```

```
'Rotina para alteração dos botões e comunicação serial
```

```
Private Sub Check_Key_Events()
```

```
    If Check_Key(UP_FLAG) Then 'ACELERAR VEÍCULO PARA
    FRENTE
```

```
        cmdFrente.BackColor = &H808080 'Muda cor de fundo do botão
        Up_Control = True 'Controle para direções combinadas
        MSComm1.Output = "a" + Chr(13) 'Envia caracter pela porta serial
```

```
    Else
        cmdFrente.BackColor = &HE0E0E0 'Retorna cor de fundo do botão
        Up_Control = False 'Controle para direções combinadas
    End If
```

```
    If Check_Key(DOWN_FLAG) Then 'ACELERAR VEÍCULO PARA
    TRÁS
```

```
        cmdRe.BackColor = &H808080 'Muda cor de fundo do botão
        Down_Control = True 'Controle para direções combinadas
        MSComm1.Output = "b" + Chr(13) 'Envia caracter pela porta serial
```

```
    Else
        cmdRe.BackColor = &HE0E0E0 'Retorna cor de fundo do botão
        Down_Control = False 'Controle para direções combinadas
    End If
```

```
    If Check_Key(LEFT_FLAG) Then 'VIRAR VEÍCULO PARA
    ESQUERDA
```

```

cmdEsquerda.BackColor = &H808080      'Muda cor de fundo do botão
Left_Control = True                    'Controle para direções combinadas
MSComm1.Output = "c" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
Else
cmdEsquerda.BackColor = &HE0E0E0      'Retorna cor de fundo do botão
Left_Control = False                  'Controle para direções combinadas
End If

If Check_Key(RIGHT_FLAG) Then          'VIRAR VEÍCULO PARA DIREITA
cmdDireita.BackColor = &H808080        'Muda cor de fundo do botão
Right_Control = True                  'Controle para direções combinadas
MSComm1.Output = "d" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
Else
cmdDireita.BackColor = &HE0E0E0        'Retorna cor de fundo do botão
Right_Control = False                  'Controle para direções combinadas
End If

If Check_Key(SPACE_FLAG) Then          'PARAR VEÍCULO
cmdPararCarro.BackColor = &H40C0&     'Muda cor de fundo do botão
MSComm1.Output = "e" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
Else
cmdPararCarro.BackColor = &HFF&        'Retorna cor de fundo do botão
End If

If Check_Key(PageUp_FLAG) Then          'AUMENTAR VELOCIDADE DO
VEÍCULO
cmdVelocidadeMais.BackColor = &H808080 'Muda cor de fundo do botão
MSComm1.Output = "f" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
(aviso)
Else
cmdVelocidadeMais.BackColor = &HE0E0E0 'Retorna cor de fundo do
botão
End If

If Check_Key(PageDown_FLAG) Then        'REDUZIR VELOCIDADE DO
VEÍCULO
cmdVelocidadeMenos.BackColor = &H808080 'Muda cor de fundo do botão
MSComm1.Output = "g" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
(aviso)
Else
cmdVelocidadeMenos.BackColor = &HE0E0E0 'Retorna cor de fundo do
botão
End If

If (Up_Control And Left_Control) Then   'ACELERAR PARA FRENTE E
VIRAR PARA ESQUERDA
MSComm1.Output = "h" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
End If

If (Up_Control And Right_Control) Then  'ACELERAR PARA FRENTE E
VIRAR PARA DIREITA
MSComm1.Output = "i" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
End If

```

```

    If (Down_Control And Left_Control) Then    'ACELERAR PARA TRÁS E
VIRAR PARA ESQUERDA
        MSComm1.Output = "j" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
    End If

    If (Down_Control And Right_Control) Then    'ACELERAR PARA TRÁS E
VIRAR PARA DIREITA
        MSComm1.Output = "k" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
    End If

    If Check_Key(CAMLEFT_FLAG) Then            'VIRAR CAMERA PARA
ESQUERDA
        cmdCameraEsquerda.BackColor = &H808080 'Muda cor de fundo do botão
        MSComm1.Output = "l" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
(aviso)
    Else
        cmdCameraEsquerda.BackColor = &HE0E0E0 'Retorna cor de fundo do
botão
    End If

    If Check_Key(CAMRIGHT_FLAG) Then            'VIRAR CAMERA PARA
DIREITA
        cmdCameraDireita.BackColor = &H808080 'Muda cor de fundo do botão
        MSComm1.Output = "m" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
(aviso)
    Else
        cmdCameraDireita.BackColor = &HE0E0E0 'Retorna cor de fundo do botão
    End If

    If Check_Key(CAMCENTER_FLAG) Then            'CENTRALIZAR CAMERA
        cmdCentrarcamera.BackColor = &H40C0& 'Muda cor de fundo do botão
        MSComm1.Output = "n" + Chr(13)        'Envia caracter pela porta serial
(aviso)
    Else
        cmdCentrarcamera.BackColor = &HFF& 'Retorna cor de fundo do botão
    End If

    If Neutral_Flag = True Then
        'Print "Nem uma tecla pressionada!"
    End If

End Sub

'Configuração do tempo de repetição do envio pelo teclado
Private Sub Form_Activate()
    ScaleMode = 3
    Neutral_Flag = True
    Do
        DoEvents
        Sleep 16
        Cls
        Check_Key_Events

```

```

    Loop
End Sub

'Rotina para executar alterações na interface
Private Sub Form_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    Neutral_Flag = False
    Select Case KeyCode
    Case P1_UP
        Key_State = Key_State Or UP_FLAG

    Case P1_DOWN
        Key_State = Key_State Or DOWN_FLAG

    Case P1_LEFT
        Key_State = Key_State Or LEFT_FLAG

    Case P1_RIGHT
        Key_State = Key_State Or RIGHT_FLAG

    Case P1_SPACE
        Key_State = Key_State Or SPACE_FLAG
        If VelocidadeMotor > 0 Then
            VelocidadeMotor = 0
        End If

    Case P1_PageUp 'Incrementa velocidade do motor
        Key_State = Key_State Or PageUp_FLAG
        If VelocidadeMotor < 100 Then
            VelocidadeMotor = VelocidadeMotor + 1
        End If

    Case P1_PageDown 'Decrementa velocidade do motor
        Key_State = Key_State Or PageDown_FLAG
        If VelocidadeMotor > 0 Then
            VelocidadeMotor = VelocidadeMotor - 1
        End If

    Case P1_CAMLEFT 'Vira câmera para esquerda
        Key_State = Key_State Or CAMLEFT_FLAG

    Case P1_CAMRIGHT 'Vira câmera para direita
        Key_State = Key_State Or CAMRIGHT_FLAG

    Case P1_CAMCENTER 'Centraliza câmera
        Key_State = Key_State Or CAMCENTER_FLAG

    Case KEY_ESC 'Sair do programa
        End

    End Select
End Sub

```

```

'Rotina que captura quando a tecla não é mais pressionada
Private Sub Form_KeyUp(KeyCode As Integer, Shift As Integer)
    Neutral_Flag = True
    Select Case KeyCode
    Case P1_UP
        Key_State = Key_State And (Not UP_FLAG)

    Case P1_DOWN
        Key_State = Key_State And (Not DOWN_FLAG)

    Case P1_LEFT
        Key_State = Key_State And (Not LEFT_FLAG)

    Case P1_RIGHT
        Key_State = Key_State And (Not RIGHT_FLAG)

    Case P1_SPACE
        Key_State = Key_State And (Not SPACE_FLAG)

    Case P1_PageUp
        Key_State = Key_State And (Not PageUp_FLAG)

    Case P1_PageDown
        Key_State = Key_State And (Not PageDown_FLAG)

    Case P1_CAMLEFT
        Key_State = Key_State And (Not CAMLEFT_FLAG)

    Case P1_CAMRIGHT
        Key_State = Key_State And (Not CAMRIGHT_FLAG)

    Case P1_CAMCENTER
        Key_State = Key_State And (Not CAMCENTER_FLAG)

    End Select
End Sub

'Para o veículo via clique de mouse
Private Sub cmdPararCarro_Click()
    If VelocidadeMotor > 0 Then
        VelocidadeMotor = 0
    End If
End Sub

'Termina o programa via clique de mouse
Private Sub cmdSair_Click()
    MSComm1.PortOpen = False
End Sub

'Abre menu de ajuda (comandos)

```

```

Private Sub mnuComandos_Click()
    frmAjuda.Show (vbModal)
End Sub

'Abre menu de configuração (Porta COM)
Private Sub mnuConfiguracao_Click()
    frmCOMConfig.Show (vbModal)
End Sub

'Abre menu sobre
Private Sub mnuSobre_Click()
    frmSobre.Show (vbModal)
End Sub

```

- **Arquivo frmCOMConfig.frm**

```

Private Type DCB
    DCBLength As Long
    BaudRate As Long
    fBitFields As Long
    wReserved As Integer
    XonLim As Integer
    XoffLim As Integer
    ByteSize As Byte
    Parity As Byte
    StopBits As Byte
    XonChar As Byte
    XoffChar As Byte
    ErrorChar As Byte
    EofChar As Byte
    EvtChar As Byte
    wReserved1 As Integer
End Type

Private Type COMMCONFIG
    dwSize As Long
    wVersion As Integer
    wReserved As Integer
    dcbx As DCB
    dwProviderSubType As Long
    dwProviderOffset As Long
    dwProviderSize As Long
    wcProviderData As Byte
End Type

Dim settings As Variant
Dim sJunta As String

Private Declare Function GetDefaultCommConfig Lib "kernel32" _
Alias "GetDefaultCommConfigA" (ByVal lpszName As String, _
lpCC As COMMCONFIG, lpdwSize As Long) As Long

```

```
'retorna zero se a porta com não existir
Public Function DetectaPortaCOM(port As Integer) As Long
    Dim cc As COMMCONFIG, ccsize As Long
    ccsize = LenB(cc)
    DetectaPortaCOM = GetDefaultCommConfig("COM" + Trim(Str(port)) +
Chr(0), cc, ccsize)
End Function
```

```
'Private Sub cmbCom_Click()
'    If frmwebcam.MSComm1.PortOpen Then
'        frmwebcam.MSComm1.PortOpen = False
'    End If
'End Sub
```

```
Private Sub DetectarCOM_Click()
Dim i As Integer
```

```
cmbCom.Clear
For i = 1 To 16
    If DetectaPortaCOM(i) <> 0 Then
        cmbCom.AddItem i
    End If
Next
cmbCom.ListIndex = 0
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
'Centralização na tela
Left = (Screen.Width - Width) / 2
Top = (Screen.Height - Height) / 2
```

```
'Busca configuração inicial da porta COM
cmbCom.Text = frmwebcam.MSComm1.CommPort
settings = Split(frmwebcam.MSComm1.settings, ",")
```

```
cmbBps.Text = settings(0)
cmbBdd.Text = settings(2)
cmbBdp.Text = settings(3)
```

```
If settings(1) = "n" Then
    cmbParidade.Text = "Nenhum"
End If
```

```
If frmwebcam.MSComm1.Handshaking = 0 Then
    cmbCdf.Text = "Nenhum"
End If
End Sub
```

```
Private Sub cmbCom_Click()
'Caso já tenha alguma aberta fecha para escolher uma nova
```

```

If frmwebcam.MSComm1.PortOpen Then
    frmwebcam.MSComm1.PortOpen = False
End If

'Nova Configuração
frmwebcam.MSComm1.CommPort = cmbCom.Text 'Número da COM

settings(0) = cmbBps.Text

If cmbParidade.Text = "Nenhum" Then
    settings(1) = "n"
End If

Select Case cmbParidade.Text
    Case "Nenhum"
        settings(1) = "n"
    Case "Mark"
        settings(1) = "m"
    Case "Even"
        settings(1) = "e"
    Case "Odd"
        settings(1) = "o"
    Case "Space"
        settings(1) = "s"
End Select

settings(2) = cmbBdd.Text
settings(3) = cmbBdp.Text

sJunta = Join(settings, ",")

Select Case cmbCdf.Text
    Case "Nenhum"
        frmwebcam.MSComm1.Handshaking = 0
    Case "Xon / Xoff"
        frmwebcam.MSComm1.Handshaking = 1
End Select

frmwebcam.MSComm1.settings = sJunta
frmwebcam.MSComm1.PortOpen = True
frmwebcam.MSComm1.InputLen = 0
frmwebcam.MSComm1.Output = "CPA00000000" + Chr(13) 'Porta Serial como
saída

End Sub

'Private Sub Combo1_LostFocus()
'    frmwebcam.MSComm1.CommPort = Combo1.Text
'End Sub

Private Sub Aceitar_Click()
    frmCOMConfig.Hide
End Sub
Option Explicit

```

- **Arquivo frmAjudaCOMConfig.frm**

```
Private Sub Form_Load()
    'Centralização na tela
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
End Sub
```

```
Private Sub cmdFechaAjuda_Click()
    frmAjuda.Hide
End Sub Private Type DCB
```

- **Arquivo frmSobreAjudaCOMConfig.frm**

```
Private Sub Form_Load()
    'Centralização na tela
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2
End Sub
```

- **Arquivo frmSplash.frm**

Option Explicit

```
Private ReadyToUnload As Boolean
Private TimerExpired As Boolean
```

```
Private Declare Function SetWindowPos Lib "user32" (ByVal hwnd As Long,
ByVal hWndInsertAfter As Long, ByVal x As Long, ByVal y As Long, ByVal cx As
Long, ByVal cy As Long, ByVal wFlags As Long) As Long
Private Const SWP_NOMOVE = &H2
Private Const SWP_NOSIZE = &H1
Private Const HWND_TOPMOST = -1
```

```
' The minimum amount of time has expired and the
' program is ready to begin work.
```

```
Private Sub HideSplash()
    ' Reenable the main program.
    frmwebcam.Show
    frmwebcam.Enabled = True
```

```
    ' Remove the splash screen.
    Unload Me
End Sub
```

```
' The main program is ready to start work.
```

```

Public Sub ReadyToWork()
    ReadyToUnload = True
    If TimerExpired Then HideSplash
End Sub

Public Sub ShowSplash()
    ' The minimum amount of time the splash screen
    ' will be visible.
    SplashTimer.Interval = 4000

    ' Center the form.
    Left = (Screen.Width - Width) / 2
    Top = (Screen.Height - Height) / 2

    ' Make this a topmost window.
    SetWindowPos hwnd, HWND_TOPMOST, 0, 0, 0, 0, _
        SWP_NOMOVE + SWP_NOSIZE

    ' Display the form.
    Me.Show
End Sub

' The minimum time has expired.
Private Sub SplashTimer_Timer()
    TimerExpired = True
    SplashTimer.Enabled = False
    If ReadyToUnload Then HideSplash
End Sub

Private Sub Form_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Unload Me
End Sub

Private Sub Form_Load()
    lblVersion.Caption = "Version " & App.Major & "." & App.Minor & "." &
App.Revision
    lblProductName.Caption = App.Title
End Sub

```