

Escola Politécnica - USP

Departamento de Engenharia Mecânica

PMC 581 - Projeto Mecânico II

Projeto de Formatura

Máquina Cortadora de Engrenagens (Mini Fresadora)

Alexandre Murakami - nº USP: 300.954 - área: Projeto e Fabricação

prof. orientador: Julio C. Adamowski

Fevereiro de 1999

Índice

INTRODUÇÃO.....	2
DESCRIÇÃO DO PROJETO ORIGINAL.....	3
HIPÓTESES ASSUMIDAS.....	3
SOLUÇÃO APRESENTADA.....	3
ANÁLISE DE ALTERNATIVAS.....	7
PARÂMETROS DA ENGRENAGEM	7
FERRAMENTA	7
MOTOR DE ACIONAMENTO DA FERRAMENTA.....	8
<i>Cálculo do Perfil da Engrenagem</i>	9
<i>Cálculo da Força de Usinagem</i>	10
<i>Escolha do Motor</i>	11
FIXAÇÃO DO BLANK	12
SISTEMA DE FIXAÇÃO DOS MOTORES DE PASSO	13
MOTOR DE PASSO	14
DRIVER DO MOTOR DE PASSO.....	14
FONTES DE ALIMENTAÇÃO	15
<i>Cálculo das fontes de tensão</i>	15
PROGRAMA DE CONTROLE	17
CONCLUSÕES.....	19
BIBLIOGRAFIA	20

Introdução

O objetivo deste projeto é projetar uma máquina para usinagem de engrenagens. Esta máquina deve ser automatizada, de modo que a interferência humana no processo seja o menor possível. É também parte do objetivo do projeto construir um protótipo da máquina.

Este projeto é uma continuação do projeto de formatura do aluno Silvio Amaral Audi. Deste modo, boa parte do projeto mecânico, além da montagem do protótipo, já estava feita. O objetivo deste projeto passou a ser encontrar soluções para os problemas do projeto inicial e terminar a construção do protótipo.

Descrição do Projeto Original

Hipóteses assumidas

Foi assumido que as engrenagens teriam diâmetro primitivo entre 10 mm e 120 mm.

O material das engrenagens seria de baixa dureza (ex: latão, alumínio, plástico).

As engrenagens seriam de dentes retos.

Solução Apresentada

A solução apresentada é mostrada nas figuras a seguir

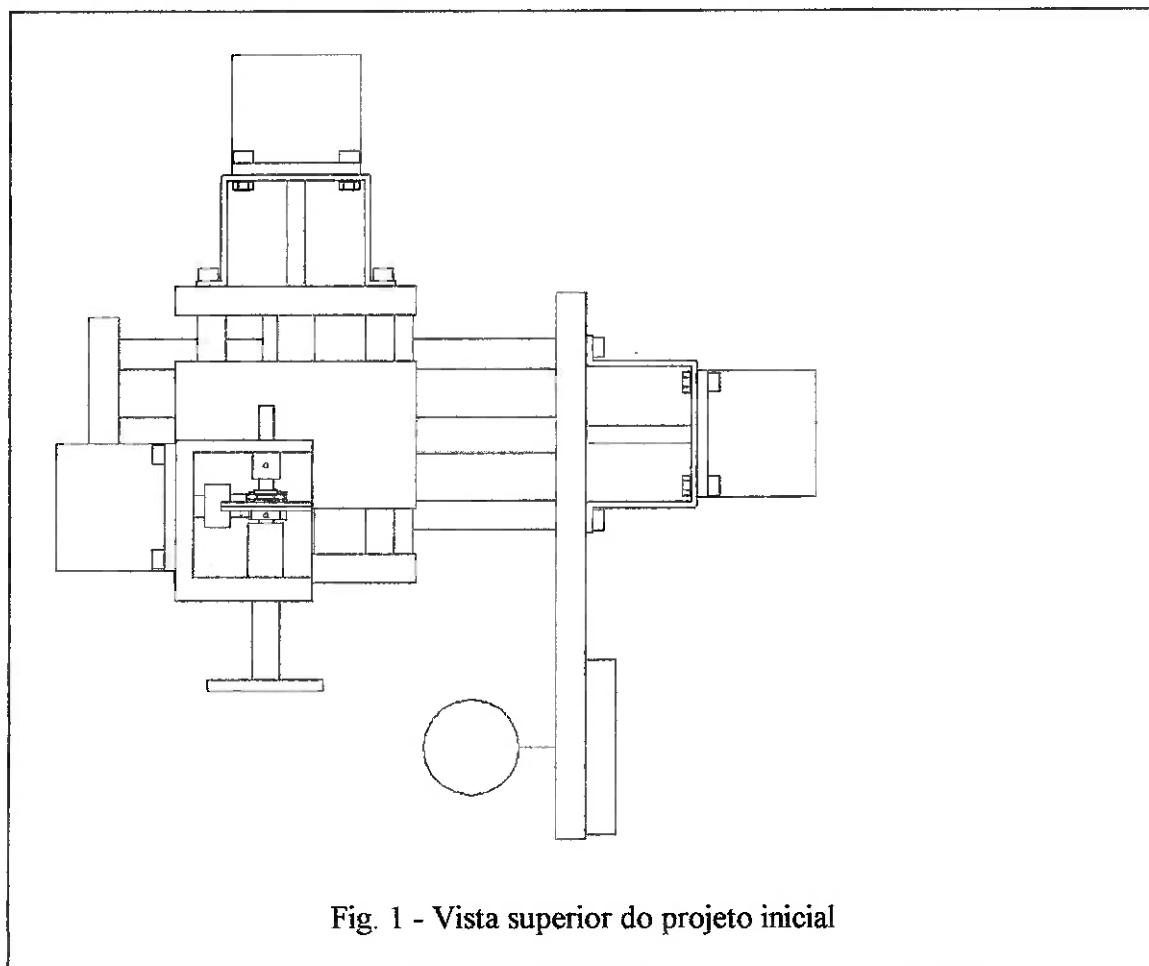


Fig. 1 - Vista superior do projeto inicial

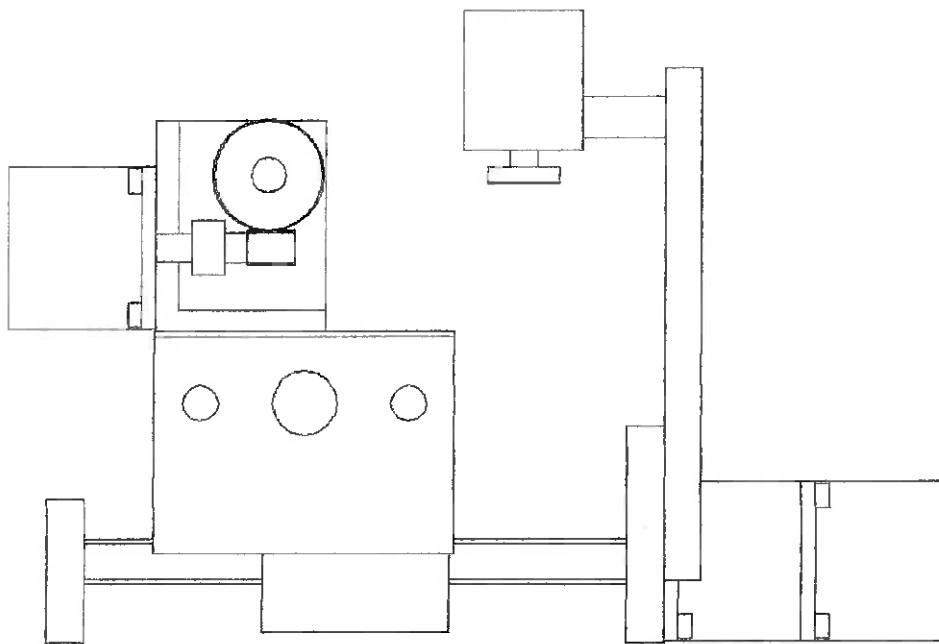


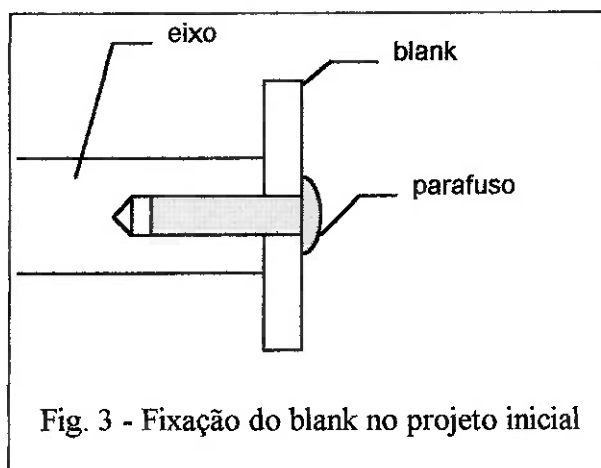
Fig. 2 - Vista lateral do projeto inicial

O sistema assemelha-se a uma fresadora universal com fresa módulo. A fresa possui o perfil do vão entre os dentes. Avançando a ferramenta sobre a lateral do blank (de formato cilíndrico), os dentes são usinados um a um.

A ferramenta está acoplada a um motor Dremel. O Dremel é uma ferramenta de corte, composto por um motor DC de alta rotação e potência de 125 W (na rotação máxima). Internamente, ele possui um sistema de alimentação de 110V AC que permite a variação da rotação (de 500 a 30.000 rpm aproximadamente). O sistema de fixação do motor ainda não está especificado.

O blank é acoplado a um eixo, cuja rotação é acionada por um motor de passo. Um sistema de redução de 18 vezes por rosca sem fim permite uma maior precisão no posicionamento.

Para fixação do blank, o seguinte sistema foi proposto no projeto inicial:

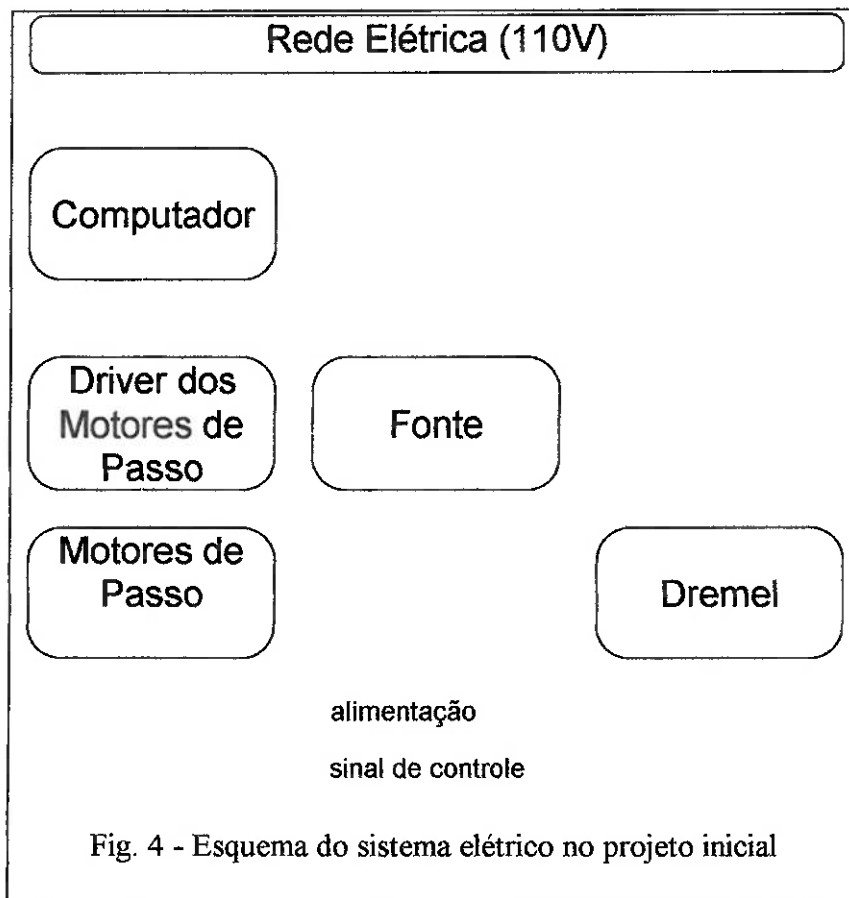


O eixo da engrenagem possui um furo rosqueado, onde vai um parafuso, conforme mostra a figura. O blank pousa sobre o parafuso, que é apertado contra o eixo.

O eixo da engrenagem está montado num bloco de alumínio que, por um sistema de coordenadas XY, pode ser movimentado. Este sistema é composto por dois blocos móveis que correm sobre guias lineares. Para o deslocamento dos blocos sobre as guias foram usados rolamentos lineares. O acionamento dos blocos é feito por parafusos e porcas de esferas recirculantes. Os parafusos são rotacionados por motores de passo.

Os motores de passo são controlados por um computador PC via saída paralela. Entre a saída paralela e os motores de passo há um circuito eletrônico (driver) que converte os sinais do computador em tensão de alimentação para os motores.

O driver é composto basicamente de um buffer do sinal de controle, um chip de controle de motor de passo e um conjunto de transistores de amplificação de tensão (um para cada motor). O driver é alimentado por uma fonte de alimentação adaptada de um computador.



Análise de Alternativas

Analisando a solução apresentada, vemos que, num nível mais geral, a alternativa é adequada. Além disso, o projeto está num estágio avançado de desenvolvimento, e mudanças radicais na concepção original tornam-se inviáveis. Logo, decidiu-se que as mudanças serão feitas apenas nos subsistemas da máquina.

Parâmetros da Engrenagem

O diâmetro externo da engrenagem foi definido inicialmente como de 10 mm a 120 mm. Estas medidas serão mantidas no projeto.

O módulo da engrenagem não foi definido. Teoricamente, pode-se usar engrenagens de qualquer módulo. Entretanto, será dada preferência para engrenagens de pequeno módulo (por volta de 0,4).

O material da engrenagem não foi definido no projeto original. Foi citado que o material deveria ser de baixa dureza. Serão escolhidos agora dois materiais para usinagem, latão e plástico (nylon). O projeto será desenvolvido de forma que ambos os materiais possam ser usinados, com pequenas modificações de configuração.

É importante salientar que, para engrenagens de plástico, as velocidades de corte devem ser baixas (cerca de 300 rpm). Velocidades muito altas tendem a derreter o plástico.

Ferramenta

A ferramenta não foi definida no projeto original. A ferramenta deve ter o perfil da engrenagem. Como o perfil varia em função do módulo e do número de dentes, deveria haver uma ferramenta para cada engrenagem a ser usinada.

Existem no mercado fresas usadas para esta aplicação (fresas módulo). O perfil da fresa é traçado para usinar engrenagens com um número específico de dentes, num certo módulo. Esta mesma ferramenta é usada para usinar engrenagens com um número um pouco maior de dentes. Esta prática resulta num erro no perfil que, para a maioria das aplicações, pode ser considerado desprezível. Existe uma certa padronização quanto às fresas disponíveis para cada módulo, conforme mostra a tabela:

Fresa no.	No. de dentes usináveis
3	35 a 54
4	26 a 34
5	21 a 25

Tab. 1 - Tamanhos disponíveis de fresa
módulo (fonte: Practical Gear Design -
Dudley)

As alternativas possíveis quanto a ferramenta a ser utilizada são:

- Utilizar fresas módulos disponíveis no mercado.
- Usinar ferramentas próprias. Uma opção considerada é a de usinar o perfil desejado sobre um bit de torno.

Foi escolhida como alternativa a segunda opção (construção da ferramenta). Isso porque a fresa módulo existente era muito grande para ser usada no motor escolhido (motor Dremel). Foi usinado (em esmeril) sobre um bit de torno o perfil de uma engrenagem de ângulo 20° , módulo 1mm e grande número de dentes (mais de 55). Foi também fabricado um porta ferramenta para o bit.

Motor de Acionamento da Ferramenta

O motor inicialmente escolhido foi o Dremel (rotação entre 500 e 30.000 rpm - potência de 125W). Entretanto, não foi feito um cálculo da força de corte, e o Dremel pode apresentar deficiências quanto à potência e limites de rotação.

Para melhor avaliação, foi feito um cálculo da força de corte. Foi feito também um cálculo do perfil da engrenagem para se ter uma idéia das dimensões da área usinada.

Cálculo do Perfil da Engrenagem

O método de cálculo foi retirado do livro DUDLEY; Pratical Gear Design. Este método é composto de uma função que retorna as coordenadas XY de um ponto do perfil, dados o módulo e n° de dentes.

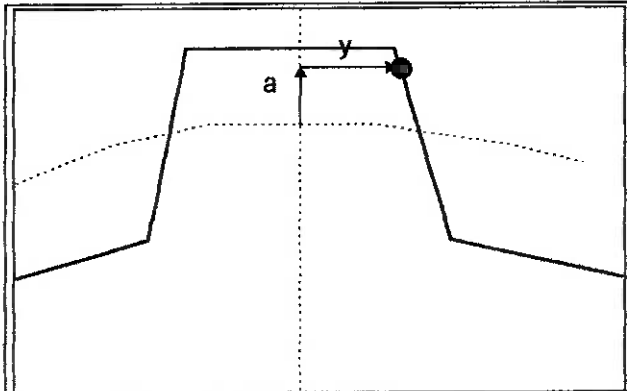


Fig. 5 - Cálculo do perfil de engrenagem

$$\theta = \text{sen}\left(\frac{tc}{D}\right)$$

$$d' = m \cdot D$$

$$y = \frac{d'}{2} \cdot \text{sen}(\mu + \theta)$$

$$a = \frac{d'}{2} \cdot \cos(\mu + \theta) - \left(\frac{D}{2}\right)$$

onde:

D - diâmetro

tc - espessura do dente

m, μ - tabelados em função de ϕ

ϕ	m	μ
9	0,951406	0,0136
10	0,954189	0,01311
12,5	0,962508	0,011376
15	0,972841	0,008755
17,5	0,985295	0,005038
20	1	0
22,5	1,017115	-0,00661
25	1,036836	-0,015071
25,5	1,041112	-0,017012

Tab. 2 - Parâmetros do método

de cálculo do perfil (fonte:

Dudley)

Para um cálculo inicial, foi considerada uma engrenagem de 55 dentes e módulo 0,4. Para esta engrenagem, o diâmetro fica sendo 22 mm e o passo circular, 1,26mm.

O perfil obtido foi o seguinte:

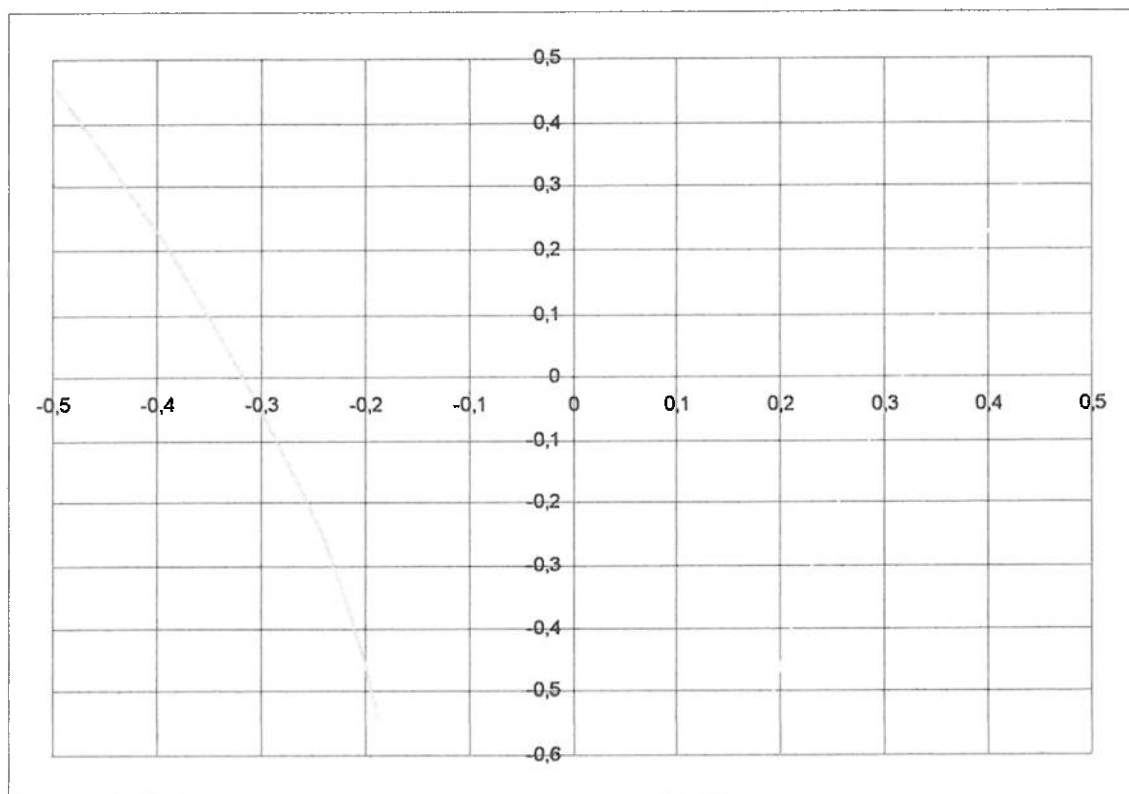


Fig. 6 - Perfil da fresa obtido (módulo 0.4, 55 dentes)

Cálculo da Força de Usinagem

Para um primeiro cálculo estimativo da força de usinagem, foi usado o método da AWF (referência: Ferraresi; Fundamentos da Usinagem dos Metais).

Foram usados os seguintes dados:

$V = 50 \text{ m/min}$ (velocidade de corte)

$a = 0,1 \text{ mm/volta}$ (avanço)

$d = 25 \text{ mm}$ (diâmetro da engrenagem)

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \Rightarrow n = 637 \text{ rpm}$$

$$k_s = \frac{C_w(\text{tabelado})}{a^{0,477}} = \frac{54}{0,1^{0,477}} = 162 \text{ kgf / mm}^2$$

$$F = s \cdot k_s = 0,1 \cdot 162 = 16,2 \text{ kgf}$$

$$Pot(CV) = \frac{F(kgf) \cdot V(m/min)}{60 \cdot 75} = 0,18 CV = 132 W$$

Escolha do Motor

Pelos resultados obtidos vemos que a potência do Dremel (125W à rotação máxima) é inferior à necessária. Deve-se considerar que este método pode apresentar forças cerca de 15% inferiores à real. Vemos também que as forças de usinagem são pequenas, e o projeto original não sofrerá problemas quanto à resistência e à potência dos motores de passo.

As alternativas possíveis são:

- Continuar usando o Dremel, mas reduzir a velocidade de corte e usinar em vários passos.
- Usar um motor de passo.
- Usar um motor DC (acrescido de um sistema de alimentação para ajuste da velocidade).
- Usar um motor AC (acrescido de um redutor).

Foi escolhido o uso do Dremel, pela facilidade de montagem e pela disposição de material. O Dremel foi fixado por porca com o uso de uma rosca já existente no mesmo.

Fixação do Blank

O sistema de fixação do blank proposto no projeto inicial pode apresentar problemas de precisão, porque roscas não apresentam boa centragem. O seguinte sistema de fixação será usado:

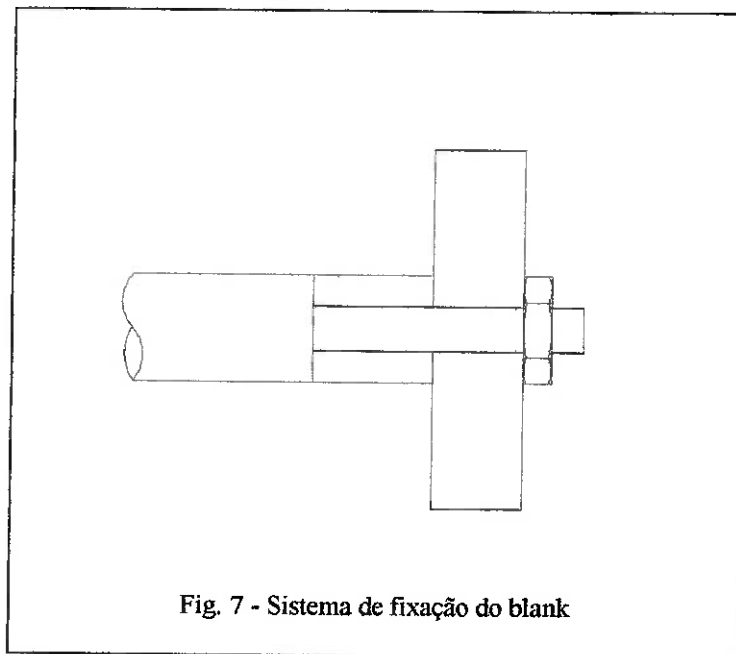


Fig. 7 - Sistema de fixação do blank

O blank é assentado sobre o eixo. Um anel espaçador posiciona o blank próximo à rosca. Cada anel espaçador é feito para uma certa faixa de largura de blanks. A porca é apertada contra o blank, fixando-o.

Sistema de fixação dos motores de passo

O método de fixação dos motores de passo para acionamento dos parafusos não havia sido definido no projeto original. Foi utilizado para tal um perfil em U de alumínio, onde o motor é preso (ver desenhos de conjunto em anexo). A conexão entre os motores de passo e os fusos é feita por acoplamentos flexíveis. Os acoplamentos comprados para a construção do protótipo eram de diâmetro superior aos do eixo do motor e da ponta do fuso. Para remediar este problema foi feita uma bucha em latão.

Motor de Passo

O motor de passo utilizado é o mesmo do projeto original.

Dados do motor:

Modelo: SLO-SYN M061-FD02.

Passos por volta: 200 passos

Tensão: 5V DC

Corrente: 1A por enrolamento

Driver do Motor de Passo

No trabalho original, o driver do motor de passo foi baseado no circuito integrado SAA 1027 da Philips. Este componente não é facilmente encontrado comercialmente.

O circuito integrado original foi substituído pelo par de circuitos L297 e L298 da ST Microelectronics. O circuito completo do driver de motor de passo encontra-se em anexo e foi baseado no esquema existente no data sheet dos componentes.

O circuito integrado L297 produz a sequência lógica de sinais necessários para controle de um motor de passo. Dois sinais, provenientes da porta paralela do computador, são usados como entrada: o sinal de CLOCK, ordenando o passo do motor, e o sinal de direção (horária/anti-horária). Os demais sinais de entrada disponíveis no controlador não são usados para efeito de simplificação. O L297 deve ser alimentado por uma fonte de 5V/50mA.

O circuito integrado L298 possui internamente duas pontes de controle com capacidade de corrente de até 4A. Este circuito amplifica o sinal lógico proveniente do L297, fornecendo a corrente necessária para alimentar o motor de passo. O L298 possui dupla alimentação: uma de 5V/24mA e outra da tensão do motor + 2,5V. Foi utilizado neste componente um dissipador de calor de pequeno porte.

O motor de passo foi ligado conforme o esquema em anexo, como se fosse um motor de passo bipolar. O center-tap dos enrolamentos não foi utilizado.

Fontes de Alimentação

São necessárias duas fontes de alimentação: uma de 5V DC para alimentação dos CI's e outra de maior potência para alimentação dos motores de passo.

Como cada driver de motor de passo consome cerca de 100mA e há três drivers, foi definido que a fonte de 5V deve fornecer uma corrente de até 500 mA. A fonte foi baseada no regulador de tensão L7805.

Como os motores foram ligados sem o uso do center-tap, cada par de enrolamento consome cerca de 10 V DC / 1 A. Considerando as perdas internas do L298, a tensão consumida por cada driver passa a ser aproximadamente 12V, com corrente de 2A (dois pares de enrolamentos). A fonte de maior potência deve fornecer portanto 12V DC / 6 A.

Durante a construção do protótipo, foi observado um sobreaquecimento dos motores. Isso aconteceu provavelmente porque os motores não foram projetados para uso como bipolares. O problema foi remediado com o uso de resistências na alimentação do motor, a fim de reduzir a tensão no mesmo. Foram acrescentados resistores de 5 ohms, reduzindo a tensão em cada enrolamento para aproximadamente 6V e a corrente para 0,7 ampéres.

Cálculo das fontes de tensão

Os cálculos a seguir foram baseados no livro Voltage Regulators HandBook da National Semiconductors.

Fonte de 5 V DC

O circuito escolhido é o tipo mais simples de regulador de tensão. O valor da tensão secundária do transformador foi calculada por:

$$V_{ac} = \frac{(V_{out} + V_{reg} + V_{rect} + V_{ripple})}{0,92} \times \frac{V_{nom}}{V_{low_line}} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

onde:

V_{ac} = tensão mínima do transformador

V_{out} = tensão de saída da fonte

V_{reg} = queda de tensão no regulador - deve ser no mínimo 3 V DC

V_{rect} = queda de tensão nos diodos da ponte - aprox. 2,5 V para 2 diodos

Vripple = variação de tensão na entrada do regulador - cerca de 10% de Vout

Vnom/Vlow_line = relação entre a tensão nominal e a tensão mínima AC.

Temos como parâmetros:

$$V_{out} = 5V \quad V_{reg} = 3V \quad V_{rect} = 2,5V \quad V_{ripple} = 0,5V (1V_{pp})$$

$$V_{nom} = 115V \quad V_{low_line} = 95V$$

Usando estes valores na fórmula obtemos como tensão mínima do transformador 10V.

A corrente secundária do transformador foi aproximada pela fórmula $I_{rms} = 1.8 \times I_{out}$. O valor obtido é de 0,9A.

O transformador utilizado é de 15V @ 1,5 A RMS.

Os capacitores menores foram escolhidos com base nos valores mais usuais. O capacitor maior foi calculado pela fórmula:

$$C = \frac{I_L}{\Delta V} \times 6 \times 10^{-3} \text{ (para frequência de ripple de 120Hz)}$$

onde: I_L = corrente de saída DC = 0,5 A

ΔV = tensão ripple pico a pico = 1Vpp

O capacitor calculado foi de 3.000 μF . Foi utilizado um capacitor de 3.300 μF .

No regulador L7805, foi utilizado um pequeno dissipador de calor.

Fonte de 12 V DC.

O circuito escolhido (em anexo) é geralmente utilizado para fontes de alta corrente. O regulador L7812 fornece a tensão estabilizada em 12 V, com uma corrente baixa (da ordem de 100 mA). Os dois transistores TIP 127 amplificam a corrente, podendo fornecer até 5A cada um. Os resistores regulam a distribuição da corrente pelos componentes citados.

A tensão secundária do transformador foi calculado mesmo modo que para a fonte de 5V. Os valores utilizados foram os seguintes:

$$V_{reg} = 0,5/1,5 + 1,25 \text{ (diodo)} + 1,8 \text{ (regulador)} = 3,4V$$

$$V_{out} = 12V \quad V_{rect} = 2,5V \quad V_{ripple} = 1,2V (2,4V_{pp})$$

A tensão obtida foi aproximadamente $V_{ac} = 18V$.

A corrente secundária do transformador foi aproximada pela fórmula $I_{rms} = 1.8 \times I_{out} = 11A$.

O transformador utilizado é de 18V @ 11A RMS. Foi observado que o método de cálculo utilizado é exagerado (folga de 80% na corrente), resultando num transformador superdimensionado. Uma folga de aproximadamente 20% na corrente seria suficiente.

O capacitor foi calculado do mesmo modo que para a fonte de 5V. O valor obtido foi 15.000 μF . Foi utilizado um capacitor de 10.000 μF . Mesmo assim, observou-se que a tensão no capacitor era de aproximadamente 25V com a fonte sem carga, o que mostra que o capacitor estava superdimensionado.

A ponte retificadora foi feita com diodos industriais, já que os diodos normalmente usados em circuitos eletrônicos agüentam correntes de até 6A, insuficiente para esta fonte. Os diodos utilizados agüentam correntes de mais de 10A e tensões de 400V. Os diodos foram montados sobre dissipadores de calor de médio porte.

Os transistores TIP 127 foram montados sobre um dissipador de calor grande e ventilado por uma ventoinha. Para o regulador L7812 foi necessário um dissipador de calor pequeno.

Nos testes realizados, foi atingida uma corrente constante de até 6A, demonstrando o pleno funcionamento da fonte.

Programa de controle

O programa de controle (em anexo) foi feito em Pascal. Por ser um programa de controle em tempo real, ele deve ser executado em ambiente DOS.

O programa consiste basicamente de rotinas de seqüenciamento de sinais para os drivers de motor de passo, através da porta paralela. Como o motor de passo não atinge grandes rotações (mais de 60 rpm), não foi necessário o uso de curvas de aceleração.

Cada motor de passo precisa de dois bits de controle: um clock controlando o passo do motor e um sinal de sentido de rotação (horário ou anti-horário). Para enviar os

sinais pela porta paralela, o programa utiliza-se dos endereços de I/O 0378H e 037AH. A equivalência entre os sinais enviados ao endereço de I/O e a saída na porta paralela está indicada na listagem do programa (procedure passo).

Conclusões

O sistema de posicionamento apresentou resultados satisfatórios. A base do motor de passo, mostrou certa fragilidade, uma chapa mais espessa seria mais adequada. A base do eixo da engrenagem, embora cumpra o seu papel, não é economicamente correta, já que o volume usinado é muito grande. A fixação da maioria dos mancais (com ajuste por interferência) não é a mais adequada, embora não tenha apresentado problemas.

A parte elétrica também apresentou bons resultados. Alguns componentes, como o transformador da fonte de 12V, estão superdimensionados. Embora isto não prejudique o funcionamento do sistema, é economicamente incorreto.

O programa de controle, embora simples, cumpre o seu papel e mostra-se adequado à tarefa.

No conjunto, o sistema apresentou bons resultados, embora não tenha sido completamente testado.

Bibliografia

AUDI, S. A.; Projeto de Formatura - Máquina Cortadora de Dentes de Engrenagem (Mini Fresadora), EPUSP, São Paulo, 1995.

DAL PÓZ, M. A. S.; Relatório Final - Bolsa de Iniciação Científica - Sistema Automático de Medição de Campo Acústico (SAMCA), EPUSP, São Paulo, 1998.

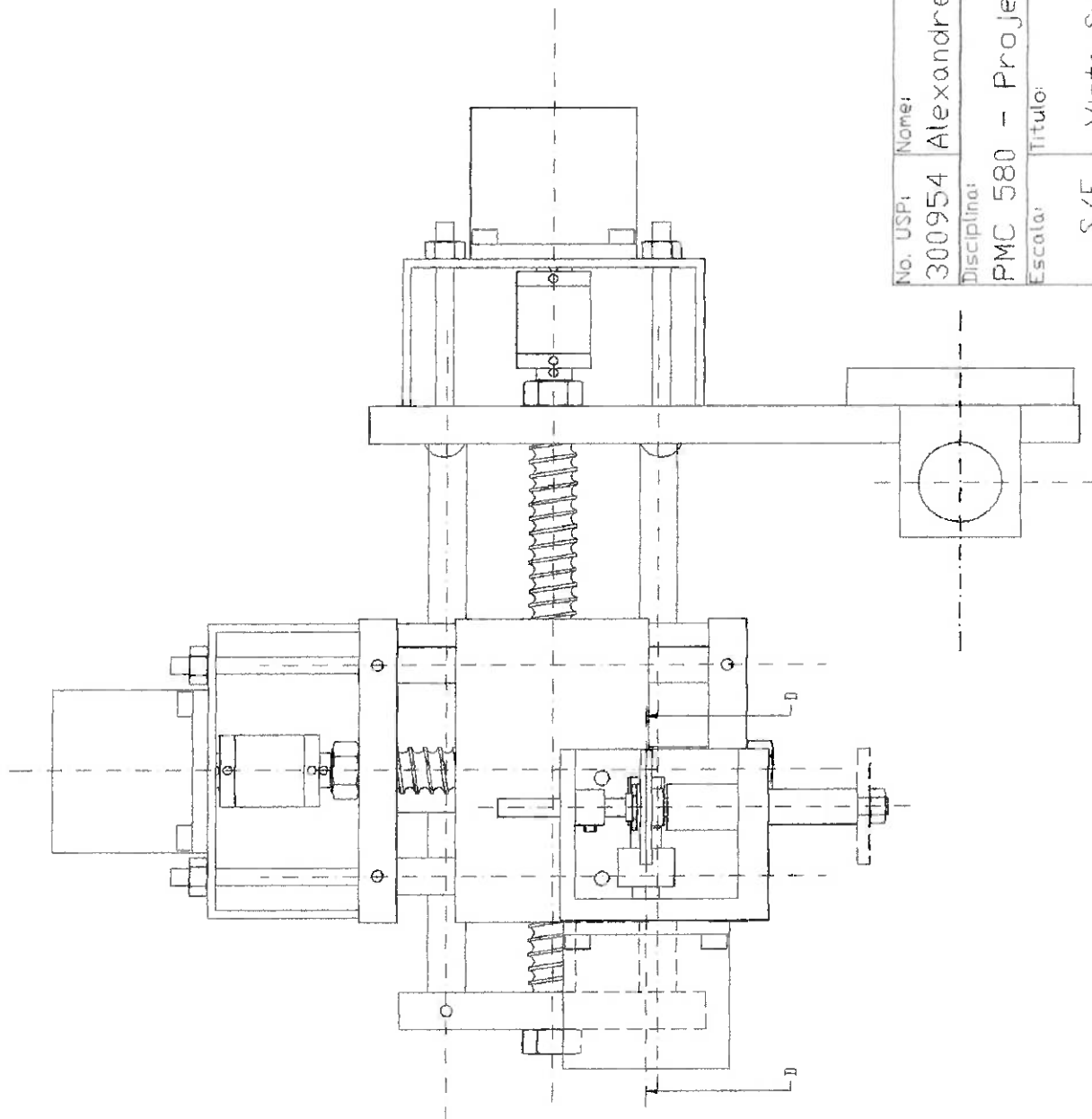
DUDLEY, D. W.; Pratical Gear Design; McGraw-Hill, N.Y., 1954.

FERRARESI, D.; Fundamentos da Usinagem dos Metais, Brasil, 1990.

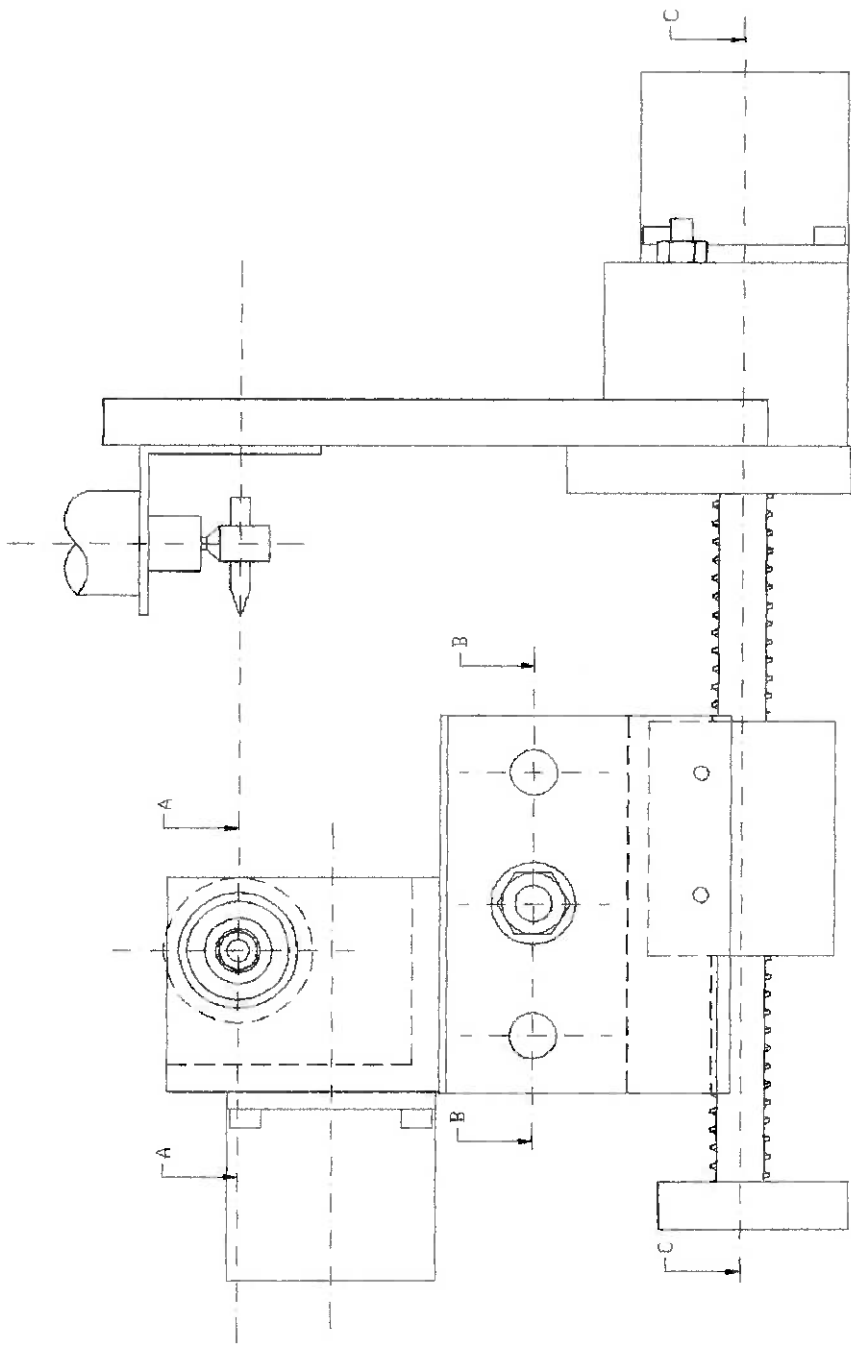
Voltage Regulators HandBook, National Semiconductors.

Kenjo, T.; Stepping Motors and Their Microprocessor Controls, Cleardon Press, Second Edition, Oxford, 1984.

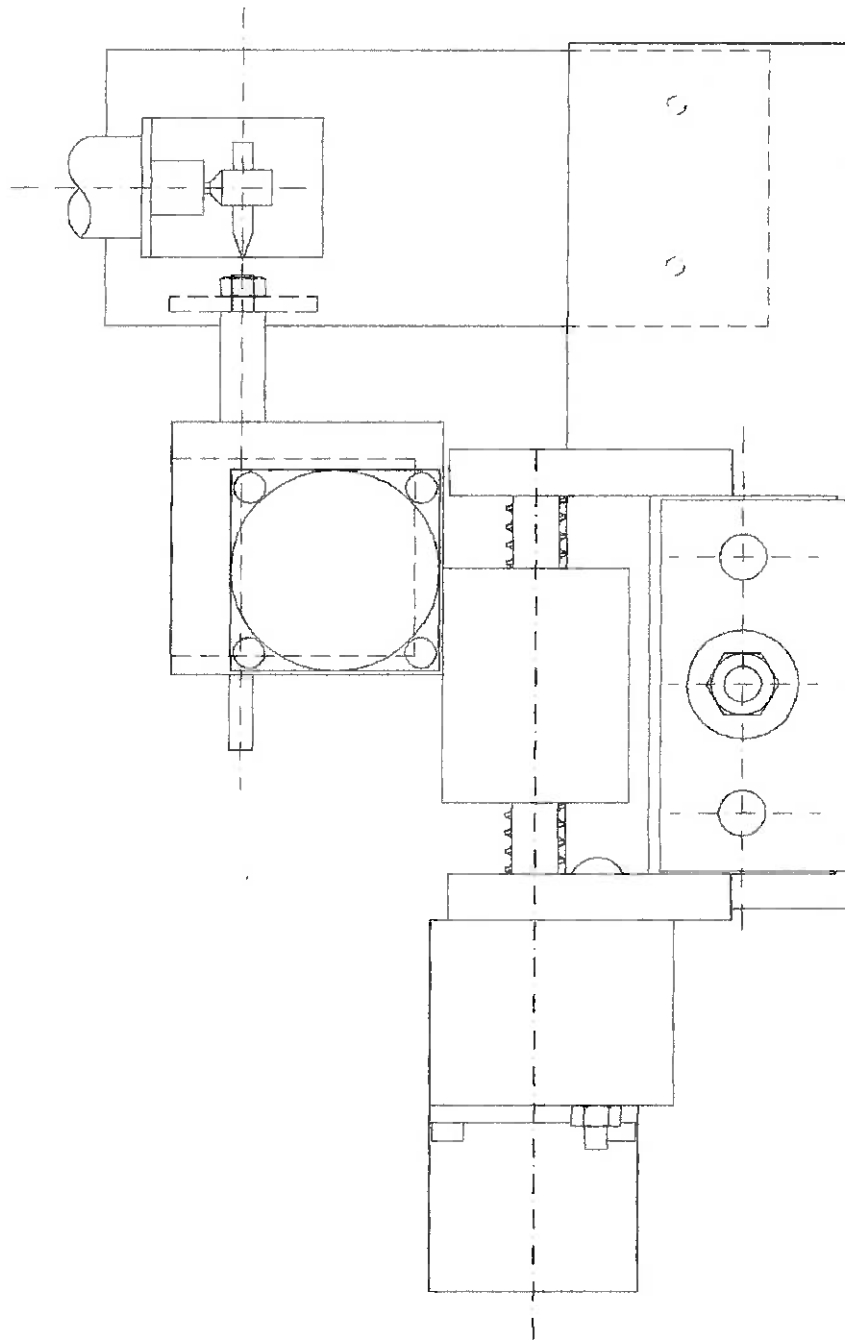
ANEXO 1 - DESENHOS DE CONJUNTO



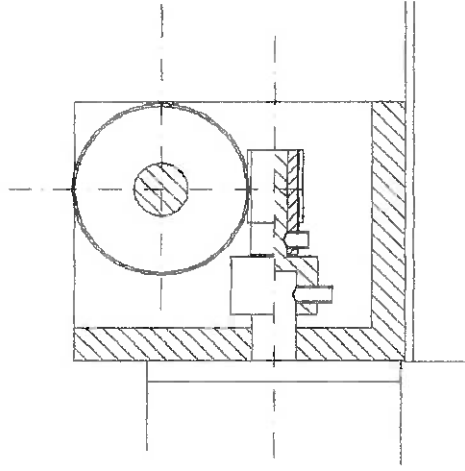
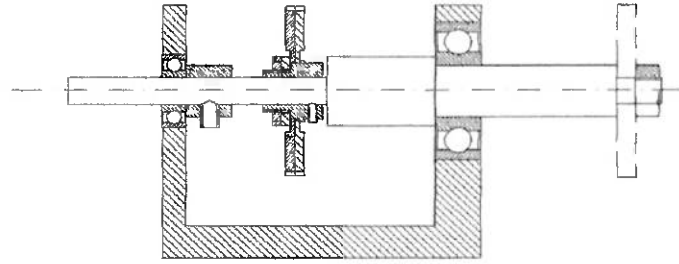
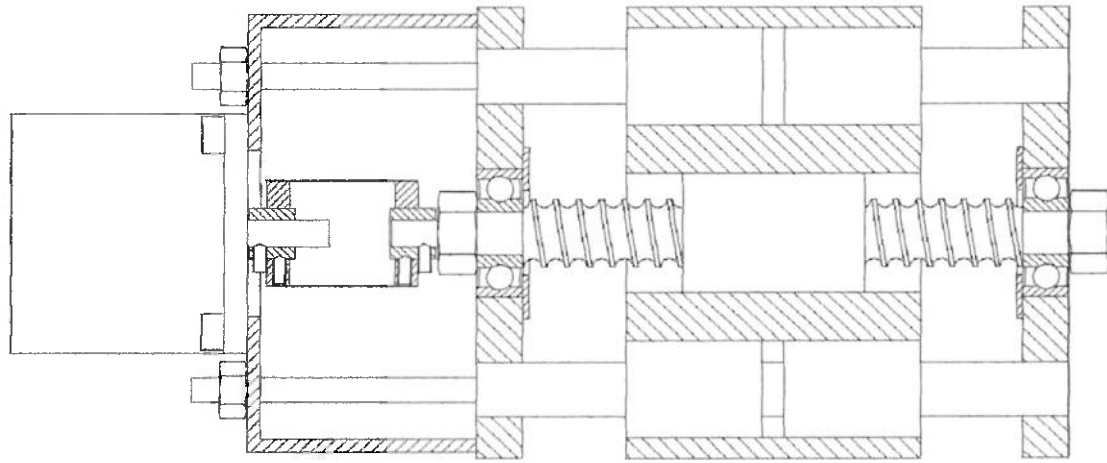
No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 580 - Projeto Mecanico I		
Escala:	Titulo:	Data:
S/E	Vista Superior	10/02/99



No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 580 - Projeto Mecanica I		
Escala:	Título:	Data:
S/E	Vista Frontal	10/02/99



No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 580 - Projeto Mecanico I		
Escala:	Título:	Data:
S/E	Vista Lateral	10/02/99

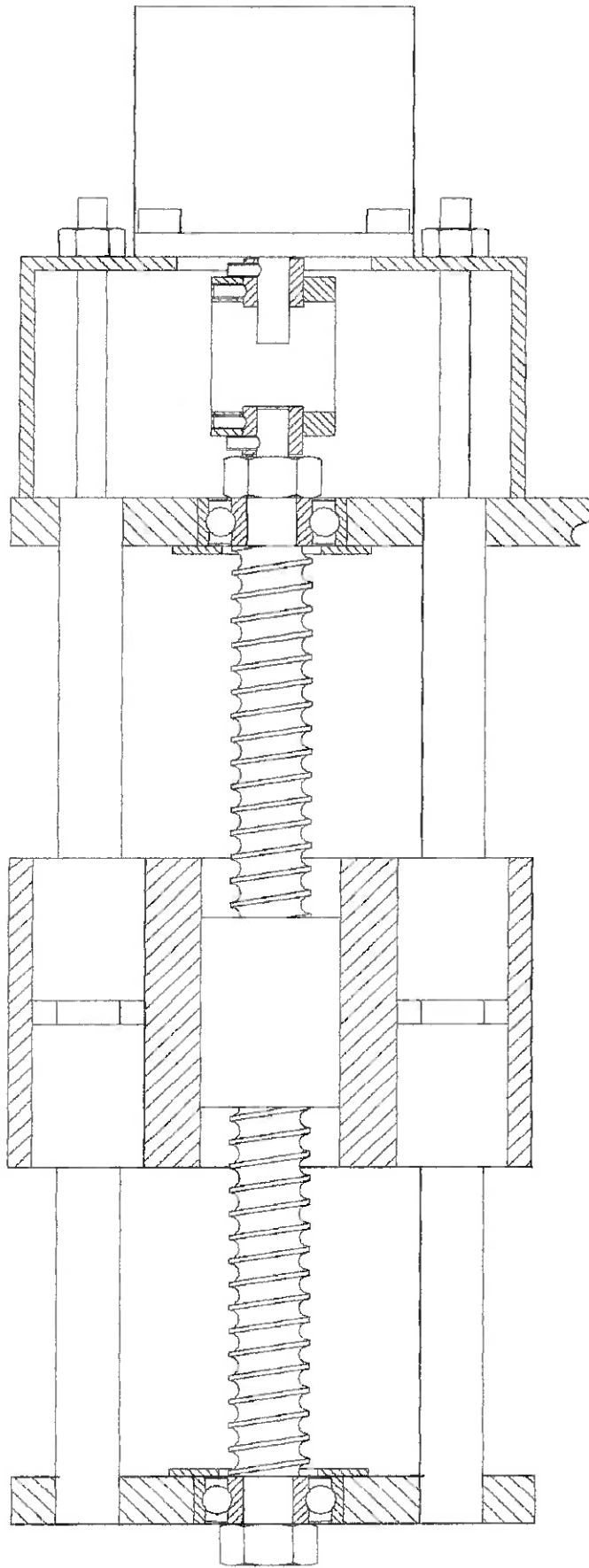


CORTE D-D

SECAO A-A

CORTE B-B

No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escola:	Titulo:	Data:
S/E	Cortes e Secoes I	13/11/98



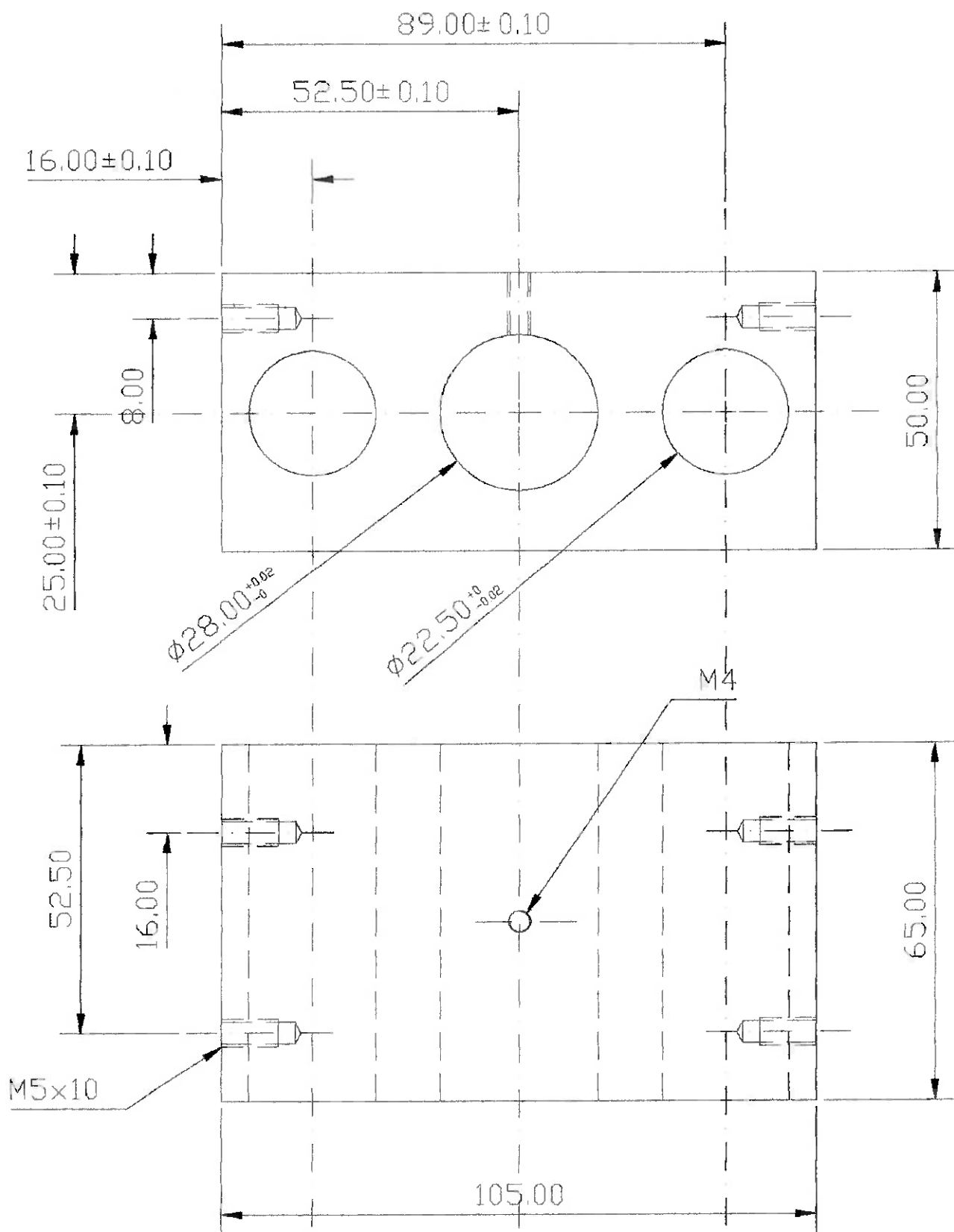
CORTE C-C

No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Título:	Data:
S/E	Cortes e Secoes II	13/11/98

31	1	Parafuso		M6x80
30	1	Porca		M6
29	4	Porca		M10x1.5
28	1	Parafuso allen s/ cabeça		M3x6
27	1	Parafuso allen s/ cabeça		M4x10
26	1	Parafuso Allen		M5x10
25	2	Acoplamento		Ø24.75x33.75
24	2	Guia II	alumínio	Ø12.7x125
23	2	Guia I	alumínio	Ø12.7x210
22	2	Castanha		Ø28x30
21	8	Rolamento Linear		Ø22.4x30
20	4	Rolamento 6200Z		Ø10xØ30x10
19	1	Rolamento 6201Z		Ø12xØ32x10
18	1	Rolamento		Ø6.35xØ15x5
17	1	Bucha do eixo	alumínio	Ø10x10
16	1	Engrenagem		Ø39x15
15	1	Rosca sem fim	alumínio	Ø8x19
14	1	Bucha p/ rosca	alumínio	Ø8x25
13	3	Motor de Passo		50x50x68
12	2	Placa 2	alumínio	105x76.2x12.7
11	1	Placa 1b	alumínio	213x76.2x12.7
10	1	Placa 1a	alumínio	105x54x12.70
9	1	Fuso II	alumínio	Ø16x151
8	1	Fuso I	alumínio	Ø16x236
7	2	Base p/ motor	alumínio	2"x4"x65.5
6	4	Encosto de mancal	alumínio	40x40x1.5
5	1	eixo	aco carbono	Ø16x131
4	4	Bucha p/ acoplam.	latão	Ø12x12
3	1	Bloco 3	alumínio	73x70x59
2	1	Bloco 2	alumínio	105x65x50
1	1	Bloco 1	alumínio	105x65x50

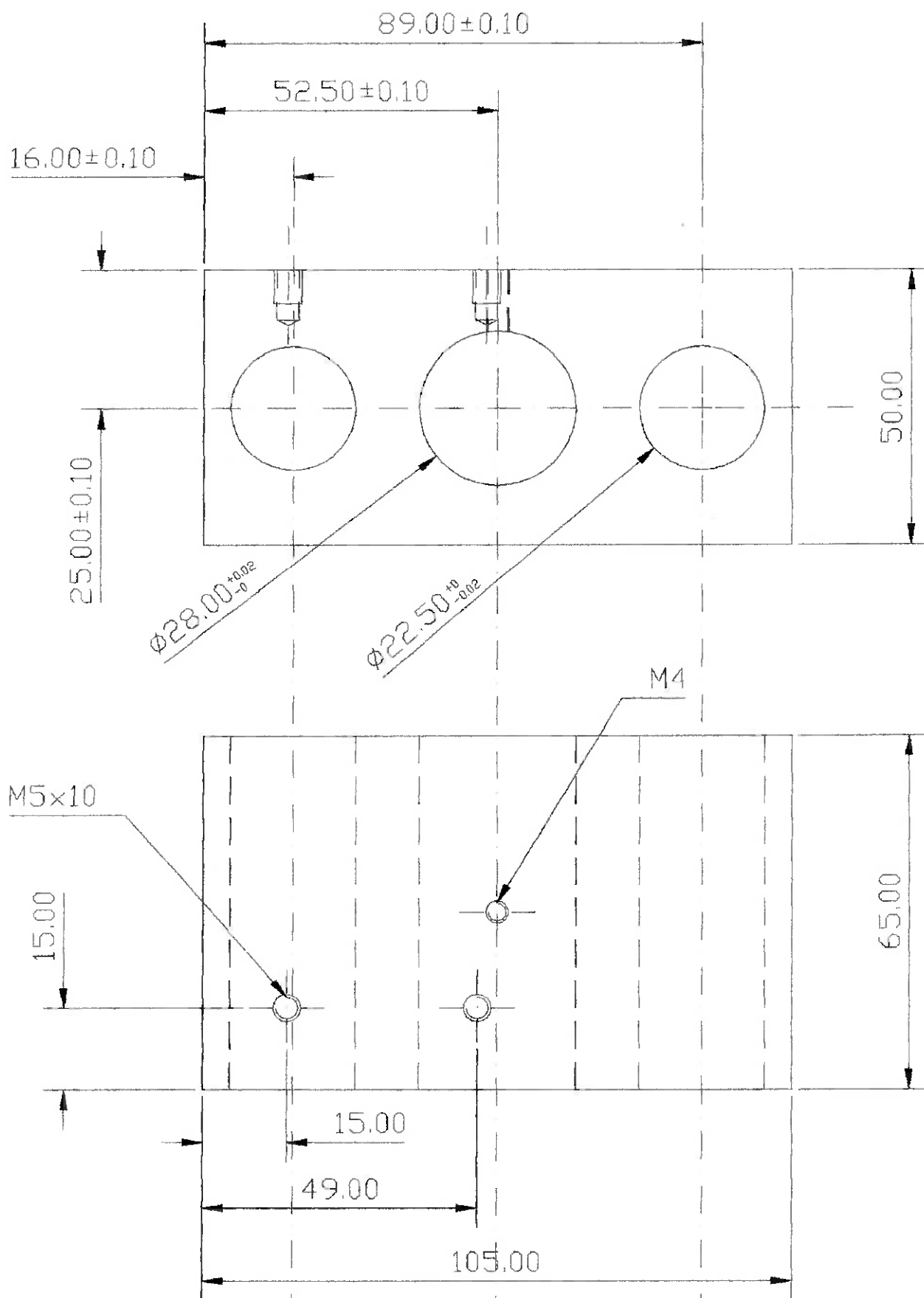
Pos	Qtd	Descricao	Material	Tamanho
No. USP:		Nome:		Professor:
300954		Alexandre Murakami		Julio Adamowski
Disciplina:				EPUSP
PMC 581 - Projeto Mecanico II				
Escala:		Titulo:		Data:
N/A		Lista de Pecas		13/11/98

ANEXO 2 - DESENHOS DE FABRICAÇÃO



- material: aluminio
- tolerancias gerais:
+/- 0.30 mm

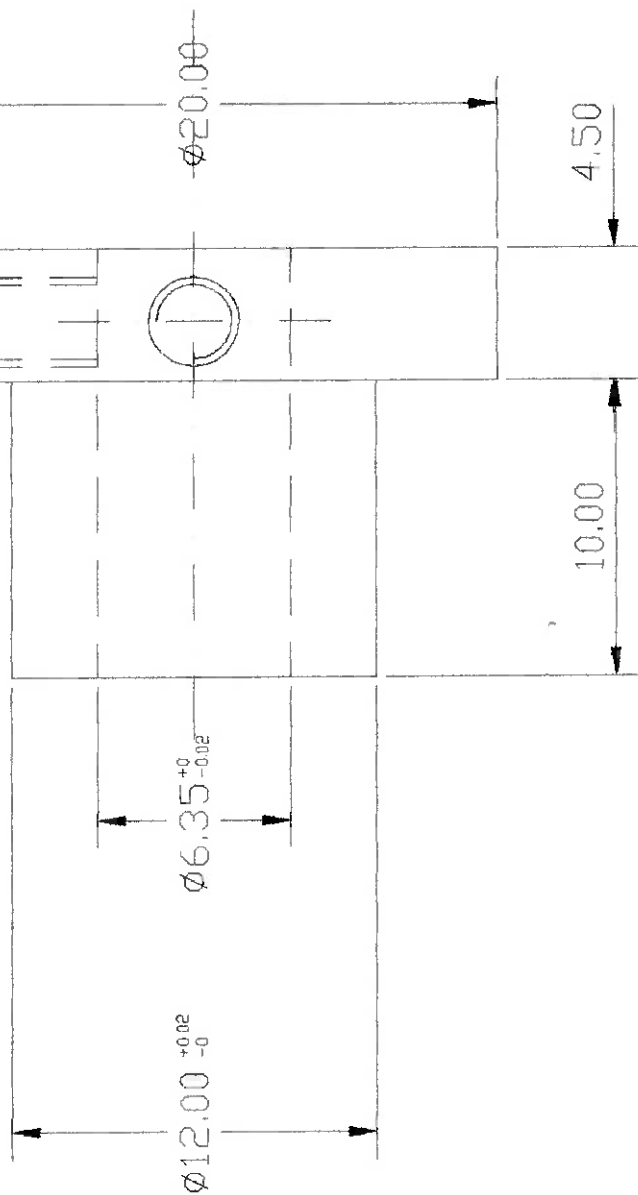
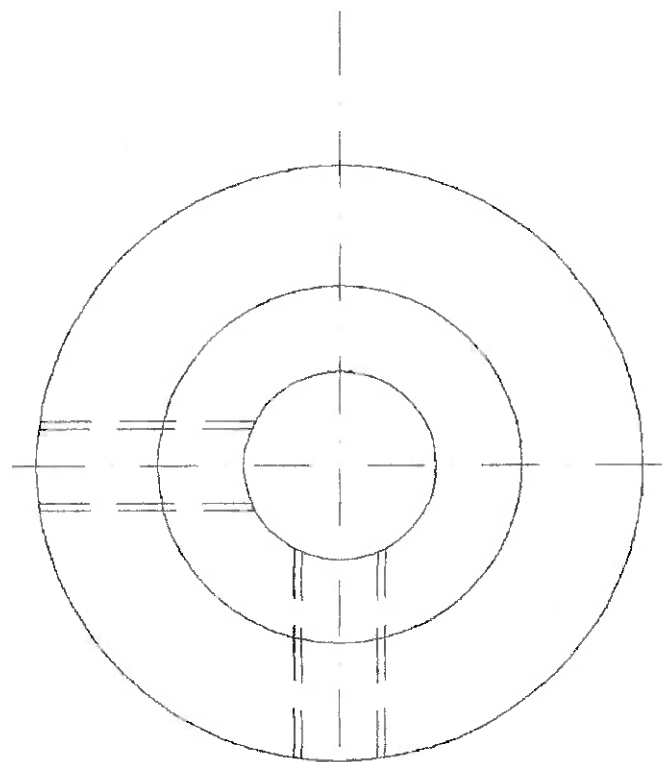
No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:		EPUSP
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Titulo:	Data:
1:1	Bloco 1	15/11/98



- material: aluminio
- tolerancias gerais:
 $\pm 0.30 \text{ mm}$

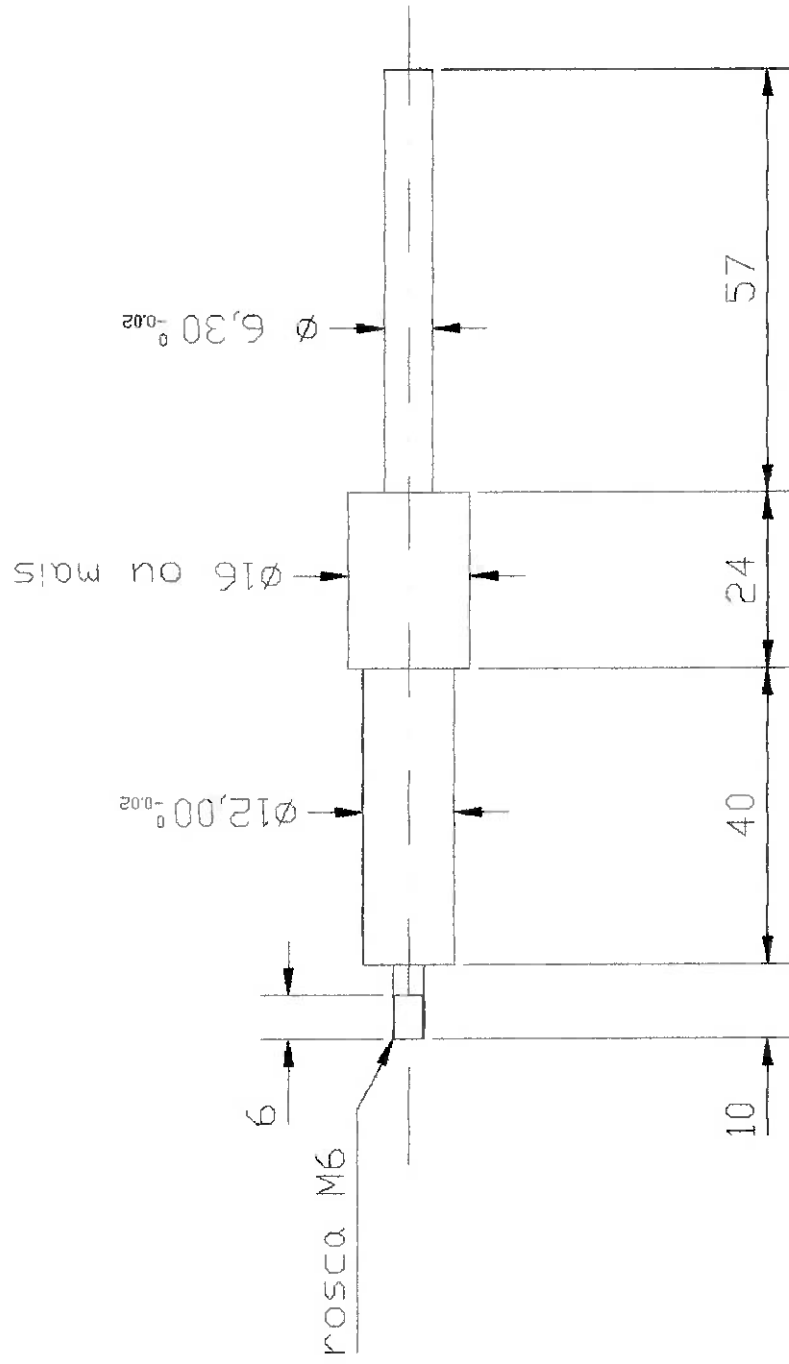
No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:		EPUSP
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Título:	Data:
1:1	Bloco 2	15/11/98

M3 (passo fino)



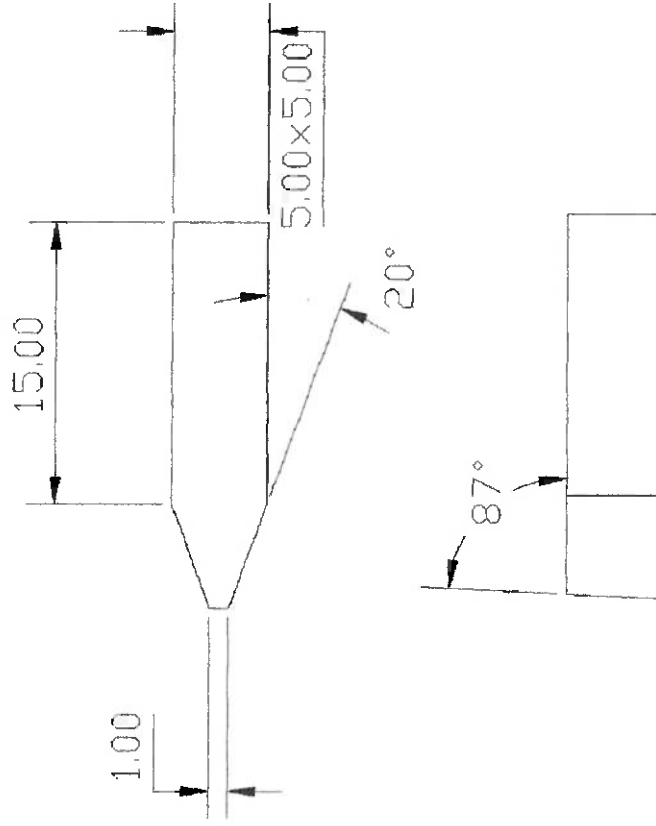
No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Titulo:	Data:
4:1	Bucha p/ acoplam.	09/12/98

- material: latão
- tolerancias gerais: +/- 0.20



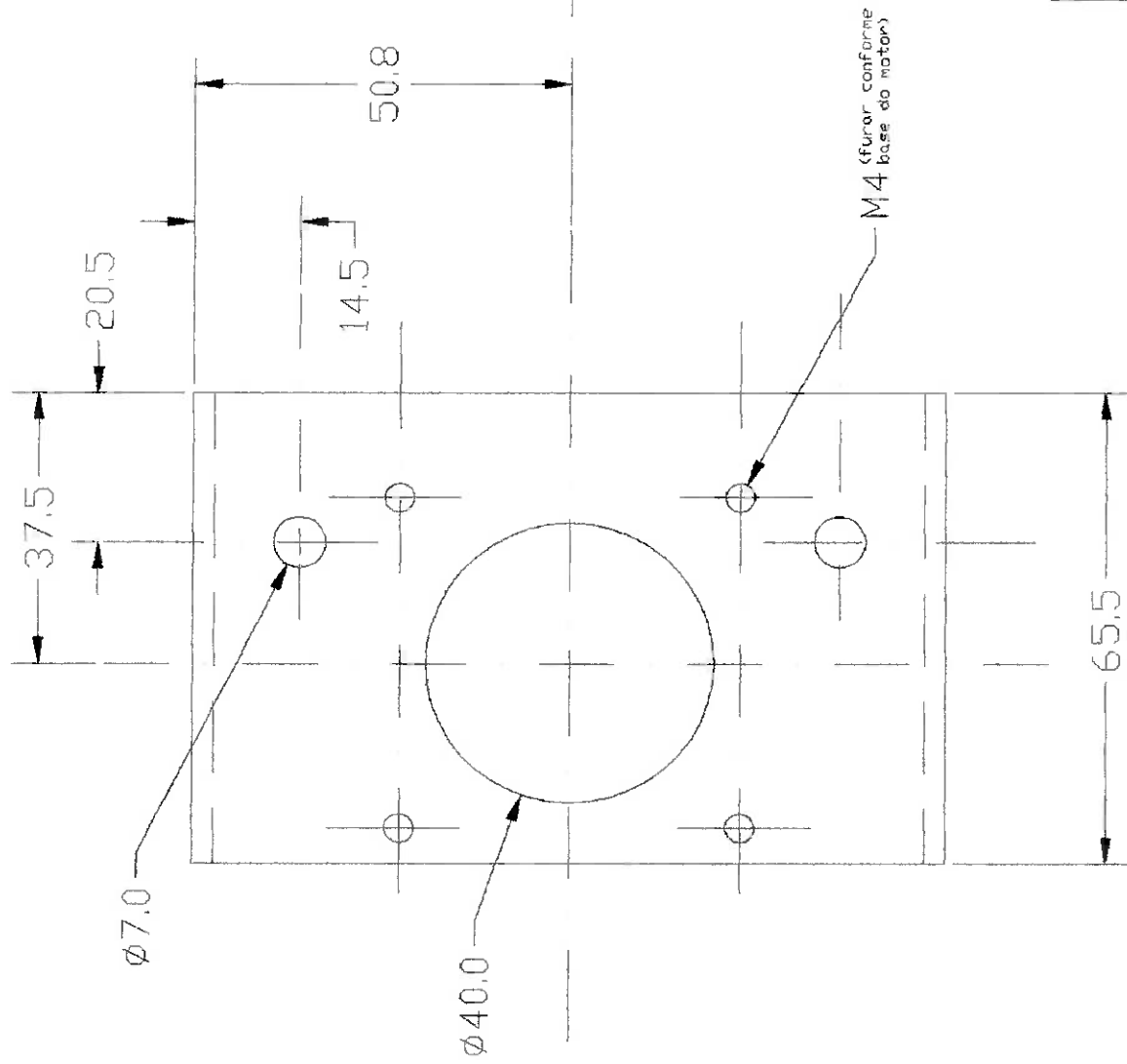
No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Titulo:	Data:
1:1	Eixo da engrenagem	15/11/98

material: aco carbono
tolerancias gerais: $\pm 0,30$ mm



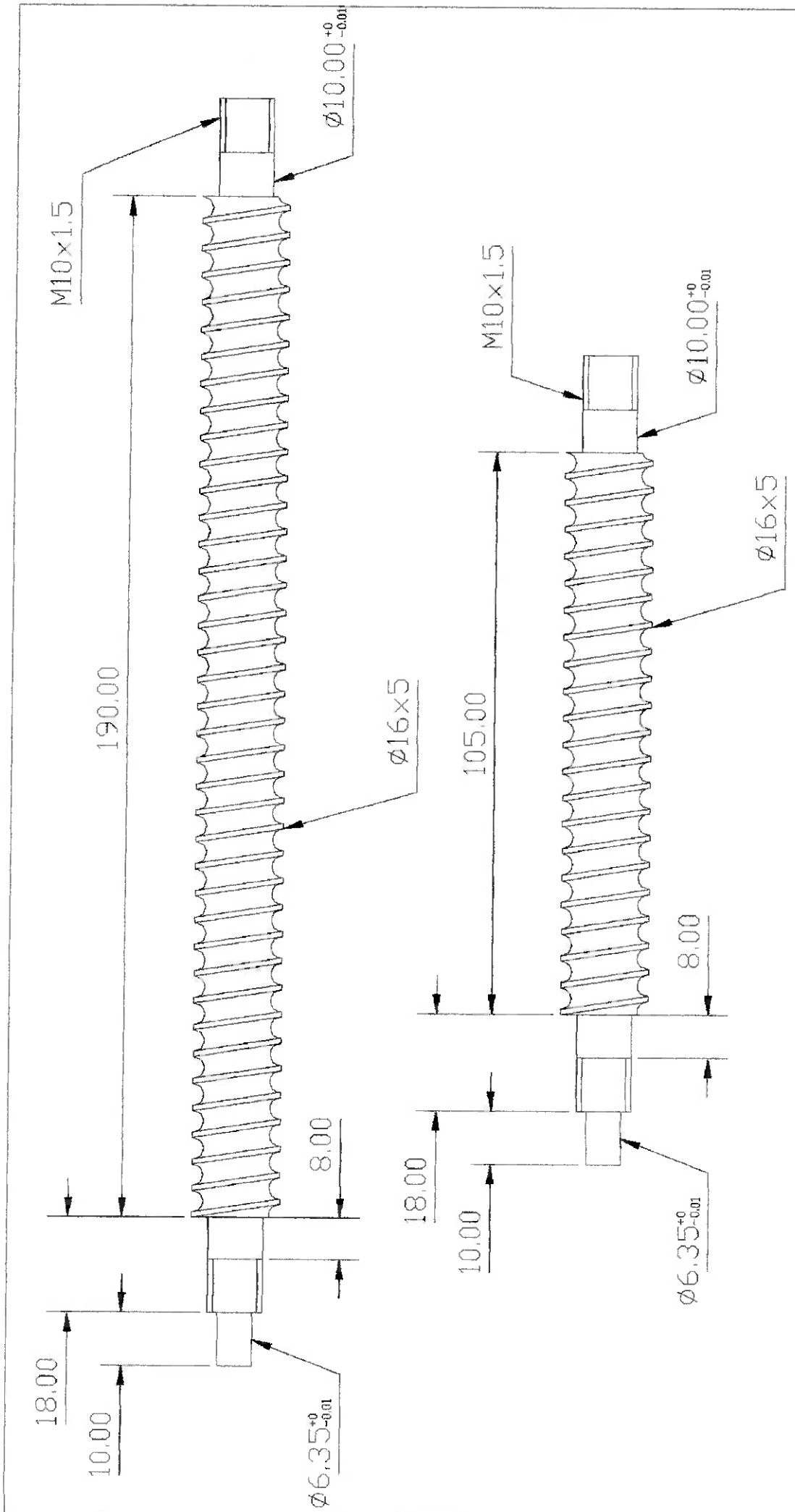
-material: aço ferramenta
 -tolerancias gerais:
 +/- 0.02

No. USP.	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Titulo:	Data:
2.5:1	Ferramenta	10/02/99



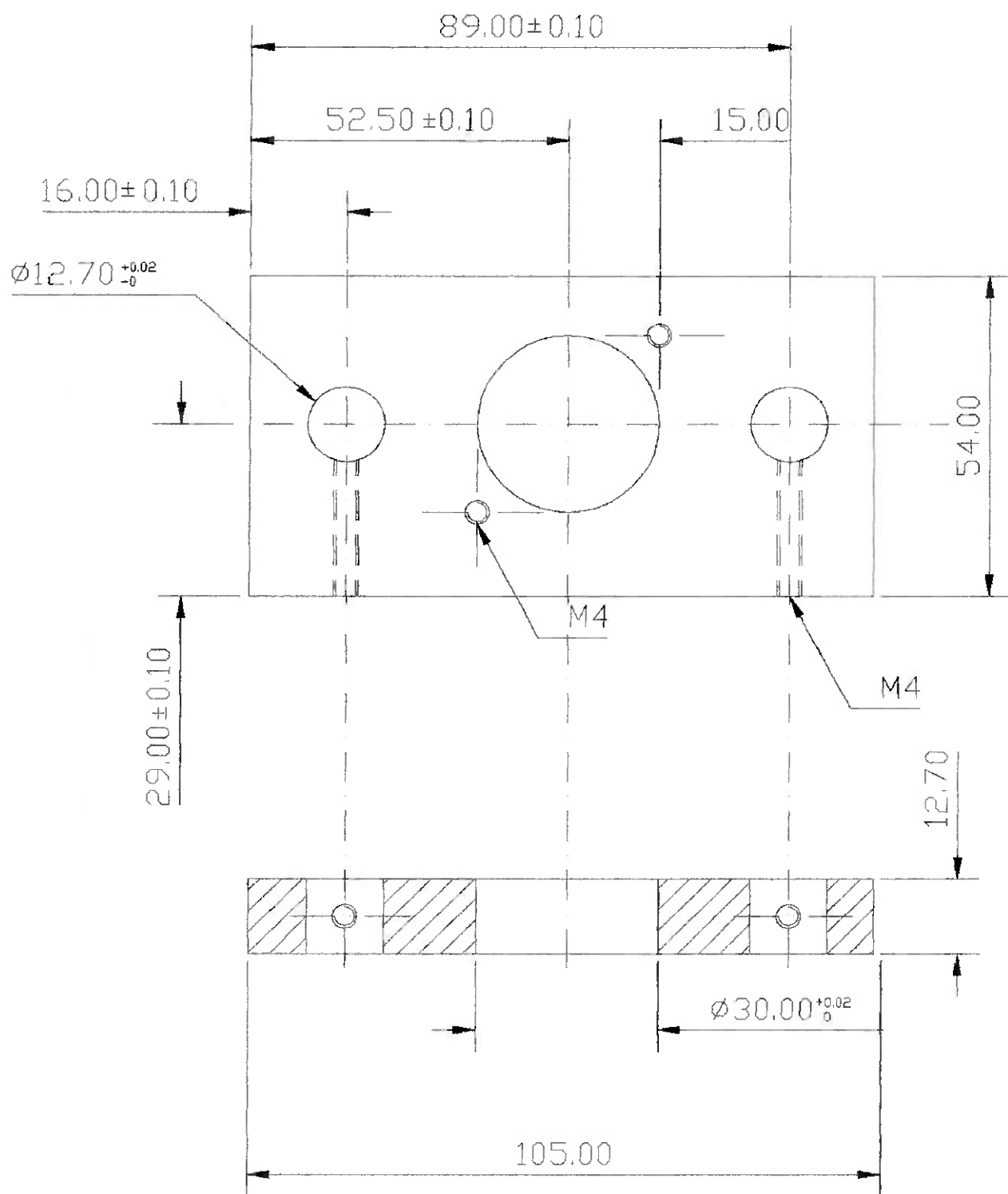
-usar perfil U em alumínio
 -tolerancias gerais: +/- 0.30 mm

No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Titulo:	Data:
1:1	Base do motor de passo	12/11/98



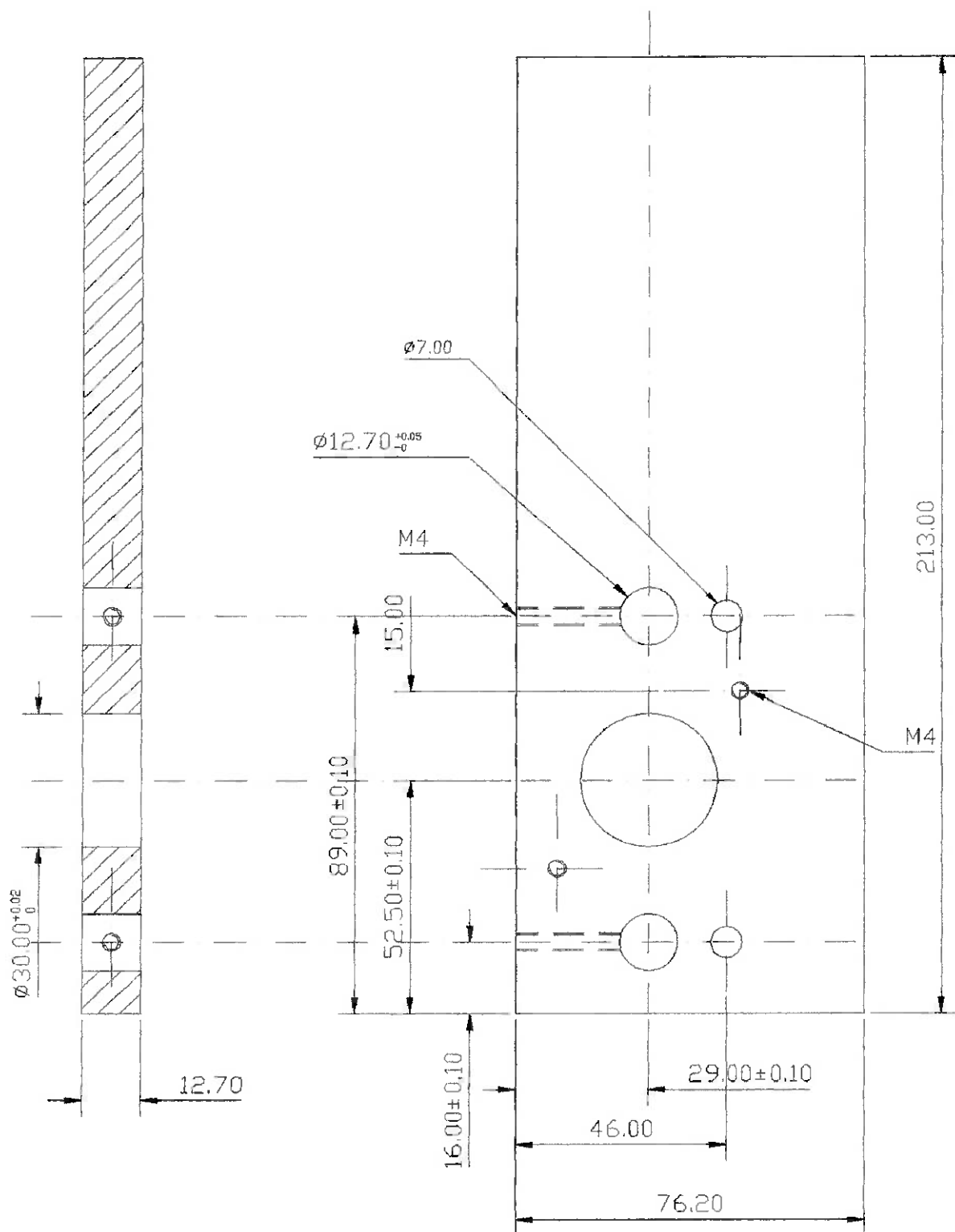
No. USP:	Name:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Titulo:	Data:
1:1	Fusos	12/12/98

-tolerancias gerais:
+/- 0,20



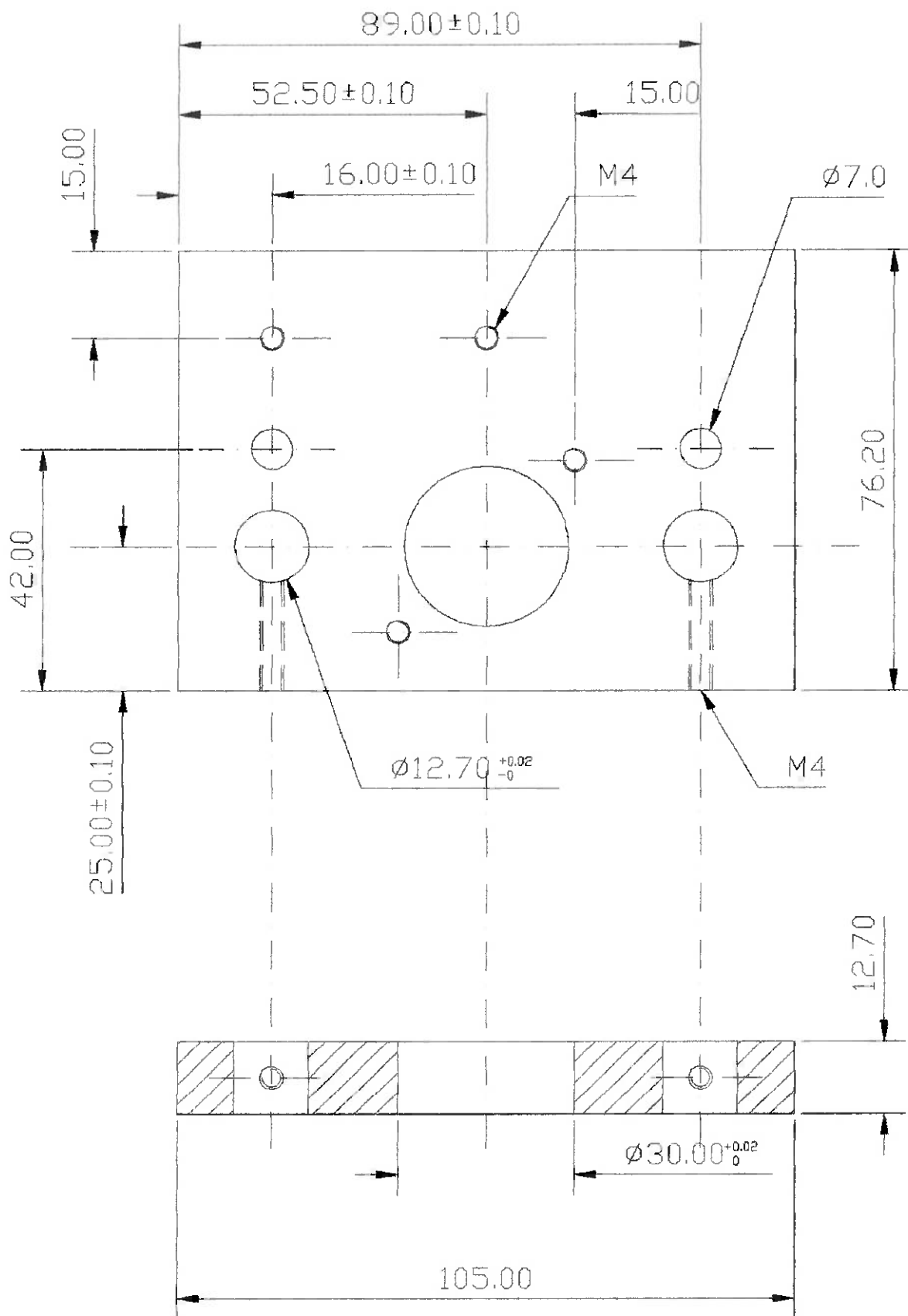
- material: aluminio
- tolerancias gerais:
+/- 0.30 mm

No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Titulo:	Data:
1:1	Placa 1a	19/11/98



- material: alumínio
- tolerancias gerais:
+/- 0.30 mm

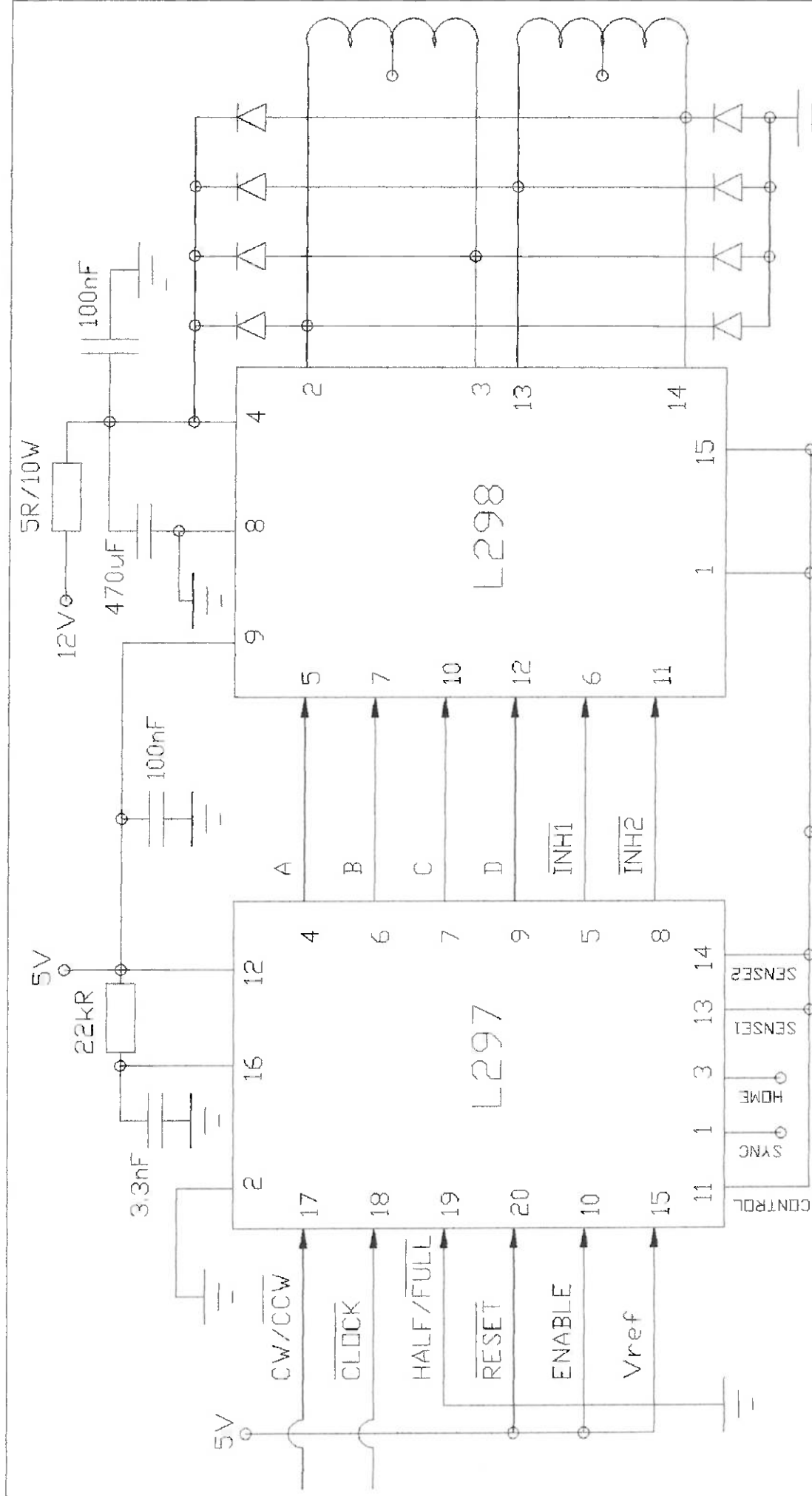
No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMc 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Titulo:	Data:
1 : 1 1/3	Placa 1b	19/11/98



- material: aluminio
- tolerancias gerais:
+/- 0.30 mm

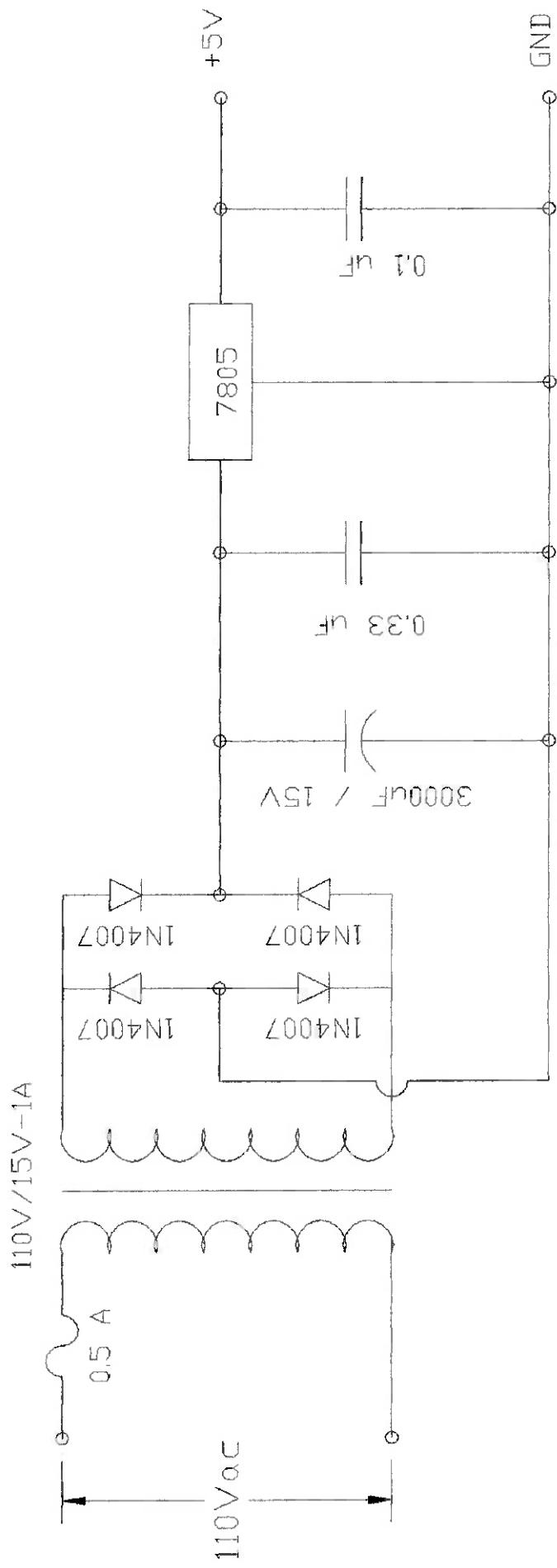
No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
Disciplina:	PMC 581 - Projeto Mecanico II	
Escala:	Titulo:	Data:
1:1	Placa 2	19/11/98

ANEXO 3 - ESQUEMA ELÉTRICO

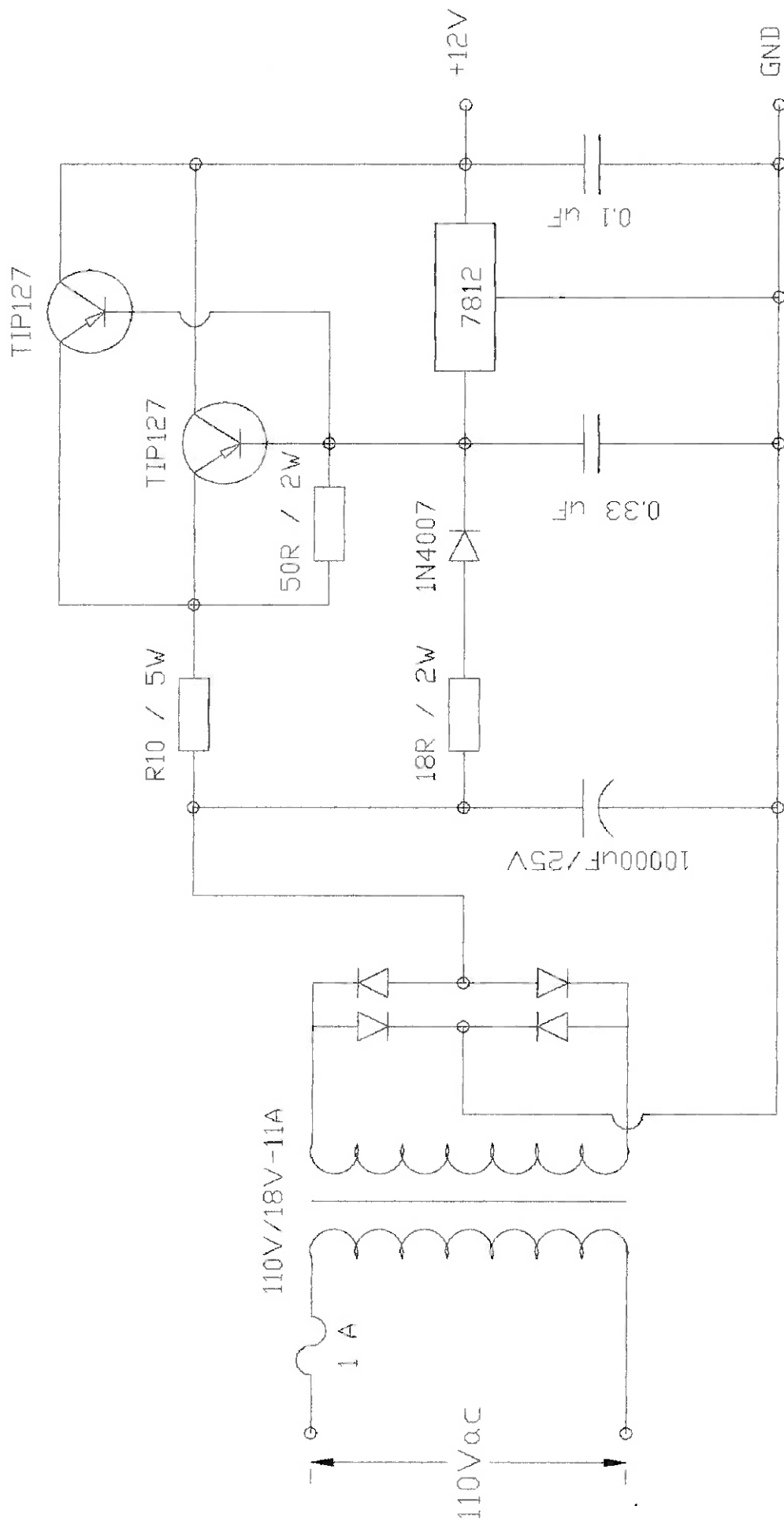


todos os diodos:
1N4007

No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Título:	Data:
N/A	DRIVER DO MOTOR	13/12/98



No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escala:	Titulo:	Data:
1:1	Fonte 5V - 0.5A	13/12/98



No. USP:	Nome:	Professor:
300954	Alexandre Murakami	Julio Adamowski
Disciplina:	EPUSP	
PMC 581 - Projeto Mecanico II		
Escola:	Título:	Data:
1:1	Fonte 12V - 6A	13/12/98

todos os diodos: SK 21/02
(exceto quando indicado)

ANEXO 4 - LISTAGEM DO PROGRAMA DE CONTROLE

```

{
    PMC 581 - Projeto Mecânico II
    aluno: Alexandre Murakami - NoUSP: 300954 - prof.: Julio Adamowski
    data: janeiro de 1999

    Maquina Cortadora de Engrenagens - Programa de Controle

    Este programa controla os motores de passo da maquina mencionada.
    Deve ser rodada em DOS.
}

program controle;

uses crt, dos;

type tpdirecao = (CW, CCW);      { sentido de rotacao do motor }

const trapido = 5;               { tempo de intervalo entre passos (em mili-
                                segundos) do avanço rapido }
    XMin = -15; XMax = 15;      { limites de coordenadas das mesas (em mili-
    YMin = -50; YMax = 50;      { metros) }
    XPasso = 0.025; YPasso = 0.025; { milímetros por passo }
    AngPasso = 0.1;             { angulo em graus por passo }
    Folgax = 10; Folgay = 5;     { distancia que a ferramenta deve
                                guardar do blank durante o
                                posicionamento }

var nloops,                      {numero de loops do tipo 'for' p/ delay de lms}
    X, Y,                        { coordenadas da mesa em mm }
    modulo,                      { modulo da engrenagem em mm }
    espessura,                  { espessura da engrenagem em mm }
    VAvanco,                    { velocidade de avanço em mm/s }
    diametro,                   { diametro externo em mm }
    profundidade,               { profundidade do dente em mm }
    angulo,                     { angulo entre dentes }
    tlento : real;              { intervalo de tempo em ms entre passos do
                                motor durante a usinagem }
    npasses,                    { numero de passes que a ferramenta deve dar
                                por dente usinado. Nao confundir com npassos
                                (procedure passo) }
    ndentes : integer;          { numero de dentes da engrenagem }

procedure limpalinha;

{
    Limpa a linha de texto onde esta o cursor e posiciona-o no inicio
    da linha }

    var i: integer;

    begin
        GotoXY(1, WhereY);
        for i:=1 to 79 do
            write (' ');
        GotoXY(1, WhereY);
    end;

procedure erro(nloops: real);

{
    Esta funcao e chamada se houver um erro de fim de curso }

    var i, j: longint;

    begin
        writeln; writeln;
        writeln ('Erro!!! O programa detectou um movimento que resultaria em
colisao da mesa');
        writeln ('com o fim de curso. Caso seja necessario, altere as constantes
XMin, XMax,');
        writeln ('YMin, YMax com valores adequados. ');
        write (chr(7));
        j:= round(nloops*2000);
        writeln ('Pressione Ctrl+Break para interromper o programa');
        writeln ('Pressione qualquer outra tecla para ignorar o erro e
continuar');
        for i:=1 to j do;
            while keypressed do readkey;      { limpa o buffer do teclado }

```

```

    readkey;
    writeln;
end;

```

```

procedure initdelay(var nloops: real);

```

```

{
    Inicializa a variavel nloops com o numero de loops do
    tipo 'for' necessarios para obter 1 milissegundo.
    Ver a procedure passo. }

var hora, min, seg, cen      :word;
    i, j, t1, t2             :longint;

begin
    { mostra mensagem na tela }
    writeln; write ('Aguarde, o programa esta avaliando a velocidade do
micro...');

    gettime(hora, min, seg, cen); { pega uma hora inicial }
    t1 := hora*360000 + min*6000 + seg*100 + cen;
    i:=0;
    repeat { conta o numero de loops para 1 seg. }
        inc(i);
        gettime(hora, min, seg, cen);
        t2 := hora*360000 + min*6000 + seg*100 + cen;
    until (t2-t1)>100;
    j:=i*500; { calcula um numero de loops estimativo de
              alguns segundos para uma segunda medicao }
    gettime(hora, min, seg, cen);
    t1 := hora*360000 + min*6000 + seg*100 + cen;
    for i:=1 to j do;
        gettime(hora, min, seg, cen);
        t2 := hora*360000 + min*6000 + seg*100 + cen;
        nloops := i/(t2-t1)*0.1;
        { calcula o numero de loops para 1 milissegundo }
    end;
    writeln;
end;

```

```

procedure passo(motor: integer; direcao:tpdirecao; npassos: integer;
tempo, nloops: real);

```

```

{
    Envia uma sequencia de pulsos para o motor de passo.

    motor: motor de passo a ser acionado
    direcao: sentido de rotacao (CW/CCW)
    npassos: numero de passos a serem dados pelo motor (nao confundir
            com npasses - constante global)
    tempo: tempo em milissegundos entre dois passos
    nloops: numero de loops 'for' para se obter 1 milissegundo

```

Equivalencia entre os sinais enviados aos enderecos de I/O e os sinais obtidos na saida da porta paralela:

I/O		Porta Paralela - Pino					
		10	11	12	13	15	16
\$0378	\$037A						
00	x0	0	0	0	0	0	0
01	x0	0	0	0	0	1	0
02	x0	0	0	0	1	0	0
04	x0	0	0	1	0	0	0
08	x0	1	0	0	0	0	0
10	x0	0	1	0	0	0	0
00	x4	0	0	0	0	0	1

Podem tambem ser obtidas combinacoes destes sinais fazendo a soma dos mesmos (operacao de OR binario).

A configuracao de pinos usada na montagem e':

Porta Paralela - Pino	Funcao
10	motor 1 (eixo x) - clock
11	motor 1 (eixo x) - direcao
12	motor 2 (eixo y) - clock
13	motor 2 (eixo y) - direcao
15	motor 3 (rotacao) - clock

16 | motor 3 (rotacao) - clock

Os drivers do motor tem o seguinte comportamento:

direcao	clock	resultado
x	0 ou 1	nada
1	degrau (active low)	avanca um passo no sentido horario (CW)
0	degrau (active low)	avanca um passo no sentido anti-horario (CCW)

Nesta rotina, os sinais de clock e direcao sao montados em variaveis separadas e somados no envio.

```

var SaidaClock_0378,      { sinal de clock p/ porta $0378 }
    SaidaClock_037A,      { sinal de clock p/ porta $0378 }
    SaidaDirecao_0378,    { sinal de direcao p/ porta $037A }
    SaidaDirecao_037A : byte; { sinal de direcao p/ porta $037A }
    i, porcentagem       : integer;
    j, k                  : longint;
begin
  case motor of
    1 : begin
        SaidaClock_0378 := $05;
        SaidaClock_037A := $00;
      end;
    2 : begin
        SaidaClock_0378 := $09;
        SaidaClock_037A := $00;
      end;
    3 : begin
        SaidaClock_0378 := $0C;
        SaidaClock_037A := $00;
      end;
  end;
  case direcao of
    CW : begin
        SaidaDirecao_0378 := $12;
        SaidaDirecao_037A := $04;
      end;
    CCW : begin
        SaidaDirecao_0378 := $00;
        SaidaDirecao_037A := $00;
      end;
  end;
  k:= round(nloops*tempo/2);
  write(' ');
  for i:=1 to npassos do { envia os sinais pela porta paralela }
  begin
    { zera os sinais de passo }
    port[$0378] := SaidaDirecao_0378;
    port[$037A] := SaidaDirecao_037A;

    for j:=1 to k do;          { espera }

    { envia os sinais de passo }
    port[$0378] := SaidaClock_0378 or SaidaDirecao_0378;
    port[$037A] := SaidaClock_037A or SaidaDirecao_037A;

    for j:=1 to k do;          { espera }

    { imprime status }
    gotoxy(wherex-5, wherey);
    porcentagem:=round(100.0*i/npassos);
    write(porcentagem:3, '% ');
  end;
end;

```

```

procedure moveX(var X: real; DX, tempo, nloops: real);

```

```

{
  Move a mesa da posicao X para X+DX.
  As coordenadas aumentam da esquerda para a direita (maquina vista de
  cima, ferramenta no canto superior direito)
  X, DX: em milímetros
  tempo: tempo em milissegundos entre dois passos
  nloops: numero de loops 'for' para se obter 1 milissegundo

```

```

A nova posicao e retornada em X. }

var npassos : integer;
    direcao : tpdirecao;

begin
    if DX<>0 then { se nao for avanco nulo}
    begin
        npassos := round(abs(DX)/XPasso); {numero de passos}
        if DX>0 then { seleciona a direcao e }
        begin { calcula a posicao final }
            direcao := CCW;
            X := X+npassos*XPasso;
        end
        else
        begin
            direcao := CW;
            X := X-npassos*XPasso;
        end;
        { imprime status da operacao na tela }
        limpalinha;
        write ('X:', round(X), ' DX:', round(DX), ' ');
        if (X<XMin) or (X>XMax) then { verifica o limite de coord.}
            erro(nloops)
        else { aciona o motor se OK }
            passo(2, direcao, npassos, tempo, nloops);
        end;
    end;
end;

```

```

procedure moveY(var Y: real; DY, tempo, nloops: real);

```

```

{
    Move a mesa da posicao Y para Y+DY.
    As coordenadas aumentam de baixo para cima (maquina vista de cima,
    ferramenta no canto superior direito)
    Y, DY: em milímetros
    tempo: tempo em milissegundos entre dois passos
    nloops: numero de loops 'for' para se obter 1 milissegundo
    A nova posicao e retornada em Y. }

var npassos : integer;
    direcao : tpdirecao;

begin
    if DY<>0 then { se nao for avanco nulo }
    begin
        npassos := round(abs(DY)/YPasso); {numero de passos}
        if DY>0 then { seleciona a direcao e }
        begin { calcula a posicao final }
            direcao := CW;
            Y := Y+npassos*YPasso;
        end
        else
        begin
            direcao := CCW;
            Y := Y-npassos*YPasso;
        end;
        { imprime status da operacao na tela }
        limpalinha;
        write ('Y:', round(Y), ' DY:', round(DY), ' ');
        if (Y<YMin) or (Y>YMax) then { verifica o limite de coord.}
            erro(nloops)
        else { aciona o motor se OK }
            passo(1, direcao, npassos, tempo, nloops);
        end;
    end;
end;

```

```

procedure Rotaciona(ang, tempo, nloops: real);

```

```

{
    Rotaciona o blank
    ang: numero de graus a serem rotacionados
        ang>0: sentido horario
        ang<0: sentido anti-horario
    tempo: tempo em milissegundos entre dois passos
    nloops: numero de loops 'for' para se obter 1 milissegundo }

var direcao : tpdirecao;
    npassos : integer;

```

```

begin
  if ang<>0 then { se nao for angulo nulo }
  begin
    if ang>0 then {seleciona sentido de rotacao}
    direcao := CW
    else
      direcao := CCW;
    npassos := round(ang/AngPasso); { calcula numero de
                                     passos }
    { imprime status da operacao na tela }
    limpalinha;
    write ('Ang: ', round(Ang), ' ');
    passo(3, direcao, npassos, tempo, nloops); { move o
                                                motor }
  end;
end;

procedure LeEntrada(var modulo: real; var ndentes: integer;
var espessura, VAvanco: real; var npasses: integer);
{
  Le os dados de entrada fornecidos pelo usuario }
begin
  writeln;
  write('Entre com o modulo da engrenagem em mm: ');
  readln(modulo);
  write('Entre com o numero de dentes: ');
  readln(ndentes);
  write('Entre com a espessura em mm: ');
  readln(espessura);
  write('Entre com a velocidade de avanço em mm/s: ');
  readln(VAvanco);
  write('Entre com o numero de passes por dente: ');
  readln(npasses);
end;

procedure ProcessaEntrada(var diametro, profundidade: real; modulo: real;
ndentes: integer; var angulo, Tlento: real; VAvanco: real);
{
  Calcula, a partir dos dados de entrada, os demais dados da operacao.
  Os resultados sao mostrados na tela }
begin
  diametro := modulo*ndentes + modulo; { calcula diametro
                                         externo }
  profundidade := 2.5 * modulo; { calcula a profundidade
                                 do dente }
  angulo := 360 / ndentes; { calcula o angulo entre
                             dentes }
  Tlento := 1000 * YPasso / VAvanco; { calcula o intervalo em
                                     milissegundos entre os passos, durante a usinagem }

  { mostra os resultados na tela }
  writeln;
  writeln ('Diametro externo do blank: ', diametro:3:3, ' mm');
  writeln ('Profundidade do dente: ', profundidade:3:3, ' mm');
  writeln ('Angulo entre dentes: ', angulo:3:3, ' graus');
  writeln ('Tempo de intervalo entre passos: ', Tlento:3:3, ' ms');
  writeln ('Aperte qualquer tecla para continuar...');
  readkey;
end;

procedure PosicaoInicial(var X, Y: real; diametro, nloops: real);
var tecla      : char;
    Ok         : boolean;
    npassos    : integer;
{
  Rotina para colocar o blank na posicao inicial.
  Aqui o usuario movimenta o blank usando as tecla direcionais, de
  forma que a ferramenta fique alinhada com a linha central do blank.

  Quando uma tecla direcional e apertada, o teclado retorna dois
  caracteres, sendo o primeiro nulo (chr(0)) e o segundo equivalente

```

```

a tecla apertada. }

begin
    { mensagem ao usuario }
    clrscr;
    writeln ('O blank agora deve ser colocado na sua posicao inicial.');
```

blank.');

```

    writeln;
    writeln ('Movimente o blank usando as teclas direcionais.');
```

Use PgUp e PgDn para mudar a velocidade de movimentacao');

```

    writeln ('Aperte Espaco para zerar as coordenadas X, Y');
```

Digite Enter quando terminar');

```

    writeln;

    { processamento das teclas }

    npassos := 10;
    X:=0; Y:=0;
    repeat
        { escreve o numero de passos por acionamento de tecla }
        write('Velocidade: ', npassos, ' ');
        Ok := false;          { indicador de fim de loop }
        tecla := readkey;      { le a tecla }
        if tecla = chr(13) then { se for Enter, encerra }
            Ok := true
        else if tecla = ' ' then { se for Espaco, zera X, Y }
            begin
                X:=0; Y:=0;
                limpalinha;
                write ('X:0 Y:0 ');
            end
        else if tecla = chr(0) then { se for tecla de controle }
            begin
                tecla := readkey;
                case ord(tecla) of
                    75: { tecla p/ esquerda }
                        moveX(X, -npassos*XPasso, 50/npassos, nloops);
                    77: { tecla p/ direita }
                        moveX(X, npassos*XPasso, 50/npassos, nloops);
                    72: { tecla p/ cima }
                        moveY(Y, npassos*YPasso, 50/npassos, nloops);
                    80: { tecla p/ baixo }
                        moveY(Y, -npassos*YPasso, 50/npassos, nloops);
                    73: { PgUp }
                        begin
                            if npassos<10 then
                                inc(npassos);
                            limpalinha;
                        end;
                    81: { PgDn }
                        begin
                            if npassos>1 then
                                dec(npassos);
                            limpalinha;
                        end;
                end;
            end;
        until Ok;
        X := 0;          { calcula as coordenadas iniciais }
        Y := -diametro/2;
        writeln;
    end;

procedure Usinagem(X, Y, profundidade, espessura, angulo, tlento,
nloops: real);

{
    Rotina principal de usinagem }

var i, j          : integer;
    ok             : boolean;

begin
    { mensagem ao usuario }
    clrscr;
    writeln ('Iniciando a usinagem agora. Acione o motor da ferramenta.');
```

Pressione qualquer tecla quando estiver pronto...');

```

    readkey;

```

```

    clrscr;

    { Posiciona a ferramenta }
    writeln ('Posicao inicial');
    moveY (Y, -FolgaY, trapido, nloops);
    moveX (X, -(espessura/2+FolgaX), trapido, nloops);

    for i:=1 to ndentes do
    begin
        limpalinha;
        writeln ('Dente ',i,' de ', ndentes);
        Rotaciona(angulo, trapido, nloops);
        for j:=1 to npasses do
        begin
            limpalinha;
            writeln ('Passe ',j,' de ',npasses);
            moveY (Y, FolgaY+profundidade*j/npasses, trapido, nloops);
            moveX (X, 2*FolgaX+espessura, tlento, nloops);
            moveY (Y, -(FolgaY+profundidade*j/npasses), trapido, nloops);
            moveX (X, -(2*FolgaX+espessura), trapido, nloops);
        end;
    end;

end;

procedure FimUsinagem(X, Y: real);
{
    Este procedimento roda apos a usinagem afastando o blank }
begin
    clrscr;
    writeln ('Fim da usinagem');
    moveY(Y, YMin-Y, trapido, nloops);
end;

{ programa principal }
begin
    clrscr;
    InitDelay (nloops);
    LeEntrada (modulo, ndentes, espessura, VAvanco, npasses);
    ProcessaEntrada (diametro, profundidade, modulo, ndentes, angulo,
        tlento, VAvanco);
    PosicaoInicial (X, Y, diametro, nloops);
    Usinagem (X, Y, profundidade, espessura, angulo, tlento, nloops);
    FimUsinagem (X, Y);
    writeln; writeln ('Fim do Programa');
end.

```

ANEXO 5 - DATA SHEET DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS

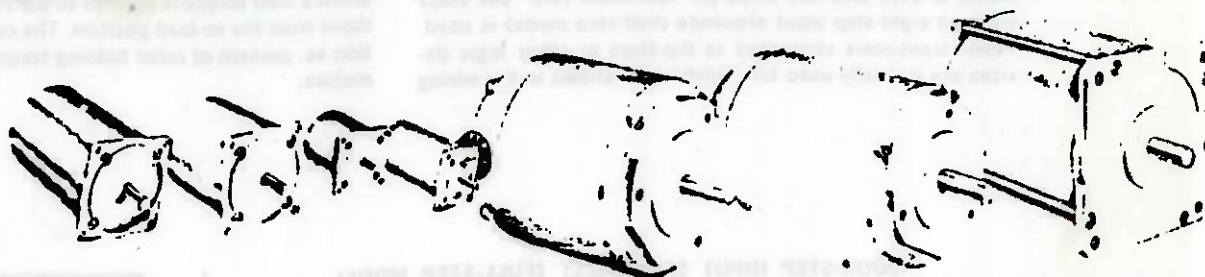


slo-syn®

1.8° STEP ANGLE DC STEPPING MOTORS

These motors include the new M Series SLO-SYN Stepping Motors which represent the most advanced permanent magnet stepping motor design available. They offer the most complete range, both in torque ratings and in size and configuration. M Series motors provide the highest torque per pound and torque to inertia ratios and can be driven at rates to 20,000 steps per second.

Larger frame size SS and X types with bifilar windings complete the line of 1.8° steppers. Bifilar windings provide greater torque at higher stepping rates than do standard three-lead motors and are ideal for use with electronic drive circuits.



CONSTRUCTION

SLO-SYN Stepping Motors have permanent magnet rotors and eight-pole stators. They have no brushes, ratchets or detents and use shielded ball bearings to insure maximum reliability and long life. The motors are totally enclosed, but are not sealed against direct splash of water, oil or other liquids. When the operating environment includes direct splash of water, oil, cutting fluids, etc., the motor should be protected from such exposure.

TEMPERATURE

SLO-SYN motors have Class B winding insulation and may be operated at ambient temperatures from -25°C to +40°C. The continuous duty temperature rise is 65°C. Motor shell temperature must not be allowed to exceed 100°C.

HIGH SPEED CAPABILITY

The performance capabilities of a stepping motor depend to a large extent upon the control circuit used to drive the motor. With an appropriately designed control system, a SLO-SYN Stepping Motor can be operated at rates to 20,000 steps per second. Speed vs. torque characteristics of SLO-SYN Stepping Motors when driven by SLO-SYN Stepping Motor Controls are given in the SLO-SYN Stepping Motor Controls catalog.

STEP ANGLE

Using the full-step drive mode, the motor step angle is 1.8° with a choice of $\pm 5\%$ or precision $\pm 3\%$ accuracies available as standard. The half-step drive mode gives a step angle of 0.9°.

HOLDING TORQUE

Standard types are offered in holding torque ratings from 53 to 3000 ounce-inches.

UNDERWRITERS' LABORATORIES LISTING

Motors which comply with all requirements of Underwriters Laboratories component recognition program are identified with letter U suffixes to their type numbers. Motors permitted by UL to bear the letter U suffix are identified with an asterisk (*) in the chart on page 6. Eligible motors include the C and D options described on page 7 as well as double ended shaft ver-

sions. Special OEM application motors built to customer specifications usually conform with requirements for bearing the U suffix but some, due to special construction features, may not qualify.

Motors included in the UL component recognition program were examined as Class A (105°C) insulating systems and are recognized only as such. Therefore, motors having the letter U suffix must be identified as having "Class A" insulation. However, insulating system materials used in all motors listed on page 6 and most OEM specials are listed in the UL Recognized Component Directory as being suitable for 130°C (Class B insulation). Motors not having the letter U suffix, and therefore not recognized under the component program, bear the marking "Class B Insulation" on their labels.

Motors supplied from a Class 2 source (UL standard 508, paragraphs 40.1 and 42.1) are considered by UL in the examination of the end-use product's suitability for recognition, whether the motor is or is not recognized under the component program.

SS/HS TYPE	"M" SERIES EQUIVALENT
SS25-1001	M061-FD301
SS25-1002	M061-FD302
SS25-1011	M061-FD311
SS50-1008	M091-FD308
SS50-1009	M091-FD03*
SS150-1010	M111-FD310
SS250-1027	M111-FD327
SS250-1002	M111-FD302
SS400-1021	M112-FD08
HS25	M062-FC03
HS50	M092-FC08
HS50L	M093-FC07
HS400B-1003	M112-FD09

*When replacing an SS50 1009 motor, use 5.5 VDC and 1.3 amperes instead of ratings on motor nameplate.

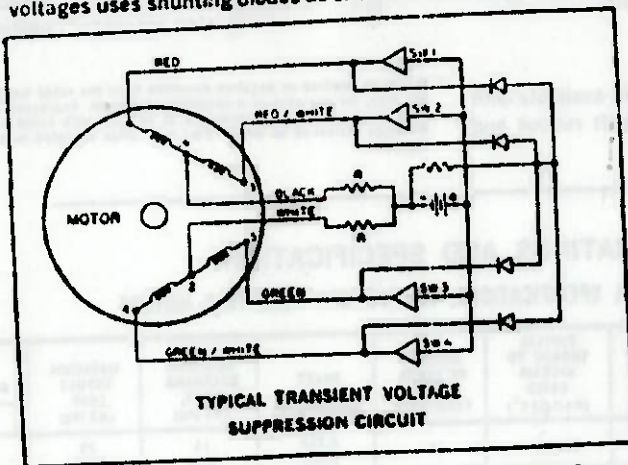


slo-syn®

1.8° STEP ANGLE DC STEPPING MOTORS (Cont'd.)

TRANSIENT VOLTAGE SUPPRESSION

Transient voltages are generated as current is switched through the windings during stepping. These voltages can cause faulty operation and damage to the motor or drive components unless a means of limiting or removing them is provided. The most common method for suppressing transient voltages uses shunting diodes as shown in the wiring diagram.



Typical diodes for this purpose are 1N4002, 1N4003 and similar types. Resistance may be varied between 0 and 50 ohms, as needed, to reduce transient voltages to the desired level. Capacitors can also be used in place of the diodes. Capacitor values can be varied between 0.1 and 1.0 mfd. to suit the characteristics of the switches used.

HOLDING AND RESIDUAL TORQUE

Because of the permanent magnet design, a SLO-SYN stepping motor has a small residual torque which holds the motor shaft in position when the motor is not energized. Much greater holding torque can be obtained by keeping one or both motor windings energized with d-c voltage when the motor is not stepping. The Ratings and Specifications charts (pages 6, 7, 8) list values for each motor for residual torque and for holding torque with both windings energized at rated voltage and current. Holding torque with only one winding energized will be within 60% to 75% of the rating given for both windings energized.

OTHER STEP ANGLES

Bifilar-wound versions of the TS and LS series of motors are available as standard to provide a greater choice of step angles. The TS series motors provide step angles of 5° in the full-step mode and 2.5° in the half-step mode. Step angles with LS series motors are 0.72° in the full-step mode and

RATINGS AND SPECIFICATIONS ELECTRICAL RATINGS, 1.8° SLO-SYN® STEPPING MOTORS

MOTOR TYPE		TYPICAL TIME FOR SINGLE STEP (ms.) ⁽¹⁾	NOMINAL DC VOLTAGE ⁽²⁾	RATED AMPERES PER WINDING	NOMINAL RESISTANCE PER WINDING (25°C) (ohms) ⁽³⁾	INDUCTIVE REACTANCE PER WINDING (ohms) ⁽⁴⁾
3% ACCURACY	5% ACCURACY					
MO61-FC02	MO61-FC02	2.5	5.0	1.0	5.0	9.57
MO61-FC08	MO61-FC08	2.0	1.25	3.8	0.33	635
---	MO61-FC-301 ⁽⁵⁾	7.5	11	0.44	25	38.4
---	MO61-FC-302 ⁽⁵⁾	4.2	5.5	0.88	6.2	9.57
---	MO61-FC-311 ⁽⁵⁾	12	20	0.22	91	126
MO62-FC03	MO62-FC03	3.5	5.3	1.6	3.3	6.28
MO62-FC04	MO62-FC04	2.8	4.2	1.9	2.2	5.89
MO62-FC09	MO62-FC09	2.2	1.65	0.7	0.35	8
MO63-FC06	MO63-FC06	2.6	3.46	2.9	1.16	2.85
MO63-FC09	MO63-FC09	2.4	2.25	4.6	0.49	1.15
MO91-FC03	MO91-FC03	8.5	5.3	1.6	3.3	16.5
MO91-FC06	MO91-FC06	3.9	2.6	3.1	0.85	4.12
MO91-FC09	MO91-FC09	1.6	1.7	4.7	0.36	1.5
---	MO91-FC-308 ⁽⁵⁾	11	5.8	0.65	6.8	28.5
MO92-FC08	MO92-FC08	4.0	3.0	4.0	0.75	3.56
MO92-FC09	MO92-FC09	3.9	2.5	4.6	0.55	2.76
---	MO92-FC310 ⁽⁵⁾	3.9	1.56	6.8	0.23	4.28
MO93-FC07	MO93-FC07	6.3	4.3	3.5	1.22	7.87
MO93-FC11	MO93-FC11	4.1	2.68	5.5	0.48	3.19
MO93-FC14	MO93-FC14	3.8	2.27	7.0	0.24	2.8
---	MO93-FC-301 ⁽⁵⁾	3.8	1.56	11.0	0.14	0.85
---	MI11-FC12	4.4	2.26	6.1	0.37	2.3
---	MI11-FC16 ⁽⁵⁾	4.4	1.7	8.8	0.21	1.18
---	MI11-FC-302 ⁽⁵⁾	7.0	6.93	1.55	4.47	26.2
---	MI11-FC-310 ⁽⁵⁾	15	0.75	1.35	7.0	39
---	MI11-FC-327	7	4.1	3.5	1.87	7.2
---	MI12-FC06	7.5	7.44	3.1	2.4	22.4
---	MI12-FC08	7	5.8	3.0	1.53	14.0
---	MI12-FC09	8.5	4.6	4.7	0.97	8.25
---	MI12-FC12	5.5	3.66	6.1	0.68	5.3
---	MI12-FC25	6	1.75	12.7	0.137	1.8
---	MI12-FC-326	6	1.58	15.2	0.108	0.88
---	MI12-FC-327	6	2.26	9.2	0.246	2.2
---	MI13-FC40	6.5	1.74	20	0.062	0.66
---	MI12-FC-301	24	3.8	20	0.240	4.58
---	MI12-FC-306	24	2.25	15	0.15	1.98
---	MI12-FC-308	24	1.58	20	0.075	1.86
---	SI1000-1002	33	10.4	3.6	2.9	65
---	SI1500-1001	35	12.2	3.8	2.54	60
---	SI1500-1002	35	8.8	5.3	1.5	18
---	SI1800-1002	70	12.4	3.1	4.0	68
---	SI1800-1007	50	18.1	3.9	2.6	50

(1) Mean 24 and d-c drive. See step function curve, page 8.
(2) Supplied with a cast terminal box. Consult factory for dimensions.
(3) Values shown are for reference information and are correct to the best of our knowledge at time of publication, but are subject to change without notice. Parameters to be used as part of a specific design should be verified in the factory.
(4) Values shown are per phase at rated current at zero speed per second, with winding at 25°C. Allowance for tolerance and ambient temperature and influence voltage.
(5) Minimum holding torque ratings shown on page 7 do not apply to these motors. Consult the factory for ratings. Step accuracy is 1%.
(6) Torque is 1.25% of rated torque with a General Purpose 1/8" Bore motor. Change bearing and motor shaft. This motor is not a standard motor. It is designed for high speed, high torque applications. It is not recommended for use in applications requiring high torque at low speed. It is not recommended for use in applications requiring high torque at low speed. It is not recommended for use in applications requiring high torque at low speed.

*Motors recognized under UL component program available (see page 4)



slo-syn

RATINGS AND SPECIFICATIONS MECHANICAL SPECIFICATIONS, 0.72° AND 5° SLO-SYN® STEPPING MOTORS

BASIC MOTOR SERIES	STEP ANGLE		NOMINAL RATED TORQUE (OZ-IN)	HOLDING TORQUE* (OZ-IN)	RESIDUAL TORQUES (OZ-IN)	ROTOR INERTIA (LB-IN ²)	TORQUE TO INERTIA RATIO**	NUMBER OF LEADS OR TERMINALS	SHAFT DIAMETER (INCHES)	MAXIMUM OVERHANG LOAD (LBS)	MAXIMUM THRUST LOAD (LBS)	APPROX. WEIGHT (LBS)	
	FULL-STEP	HALF-STEP										NET	SHIP-PING
TS25	5°	2.5°	20	40	4	.055	1.43×10^4	6	.250	8	10	2	2½
TS30	5°	2.5°	40	65	6	.27	5.8×10^4	5	.375	15	25	4½	5½
LS30	0.72°	0.36°	40	75	8	.30	6.0×10^4	6	.375	15	25	4½	5½

*Both windings energized at rated current. †Approximate value with neither winding energized.

**Calculated from holding torque in oz.-in., and rotor inertia in oz.-in.-sec.² (lb.-in.²/24).

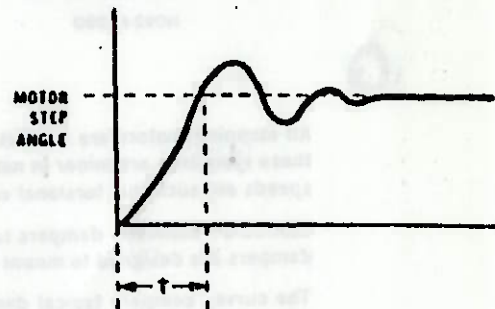
ELECTRICAL RATINGS 0.72° AND 5° SLO-SYN® STEPPING MOTORS

MOTOR TYPE	TIME FOR SINGLE STEP (m sec)**	DC VOLTS	AMPERES PER WINDING	RESISTANCE (OHMS PER WINDING @ 25°C)	INDUCTANCE (MILLI-HENRIES PER WINDING)
TS25-1000	6.0	5.4	1.5	3.4	9.0
TS25-1000	6.5	10.8	0.8	14.6	20.0
TS30-1000	7.0	3	4	0.75	2.5
LS30-1000	2.0	3	4	0.75	3
LS30-1000	4.2	12	1.0	12.0	48

(With 24 volt drive. See step function curve.)

STEP FUNCTION

Single step time (t.) **
for each motor is given in rating chart
** Does not include settling down time.



CONVERSION FACTORS RPM TO STEPS PER SECOND

MOTOR STEP ANGLE	STEPS PER SECOND EQUALS RPM X
1.8°	3.34
5.0°	1.2
0.72°	8.34

SPECIAL TYPES

The following special types are also available. To order, add the designated suffix to the standard motor type number.

Double End Shaft — Has output shaft that extends from both ends of motor. Add suffix E.

High Temperature — Utilize Class H organic materials and high temperature grease. Add suffix H.

Vacuum — Use Class B organic materials and high vacuum bearing lubricant for operation in vacuums to 10⁻⁶ Torr. Maximum permissible motor shell temperature is 100°C. The maximum prebakeout temperature is 130°C. Add suffix V.

Radiation Resistant — Consult factory.

Militarized — Meet or exceed the requirements of military specifications CCM-636-A

8-Leads or Terminals

Viscous Damped

Encoder Motors

(materials), MIL-T-17113 (shock) and MIL-E-4970A (vibration, salt spray, humidity, fungus and temperature). Add suffix M.

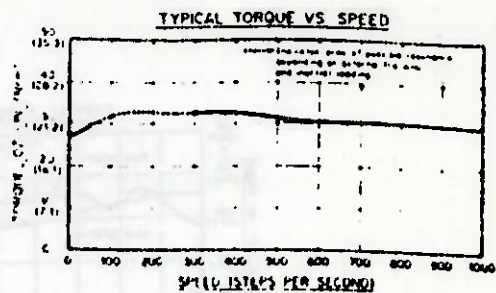
— Have eight leads or terminals for applications requiring this type of connection. Consult factory.

— See page 9.

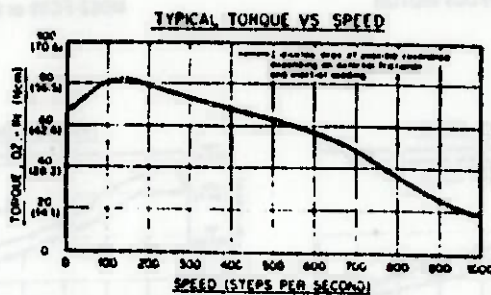
— Have integrally mounted incremental photo encoders which allow continuous monitoring of motor speed, position and direction of rotation. Add suffix C1 for single pulse per revolution channel, C2 for two 200 pulse per revolution channels with a 90° phase relationship or C3 for two 200 pulse per revolution channels as on the C2 plus a zero reference channel.

TYPICAL SPEED VS. TORQUE CHARACTERISTICS

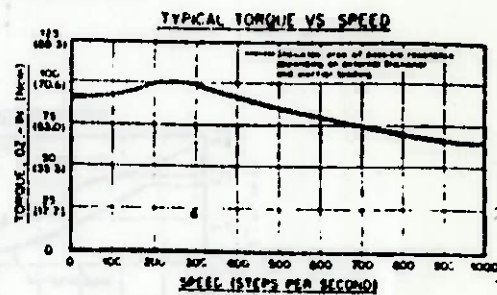
STM101 TRANSLATOR MODULE
ST101 and ST101X TRANSLATORS
PIM151 PRESET INDEXER MODULE
SP151 and SP151X PRESET INDEXERS



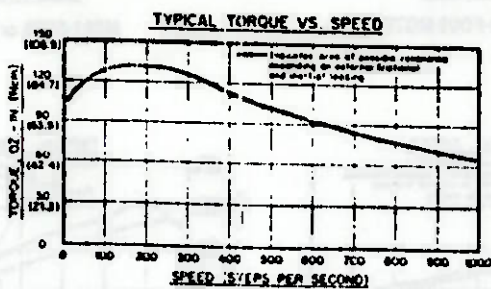
M061-FC08 or M061-FD08 MOTOR



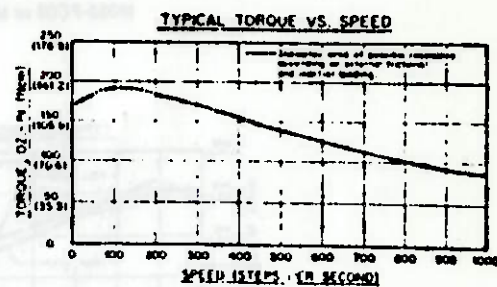
M062-FC03 or M062-FD03 MOTOR



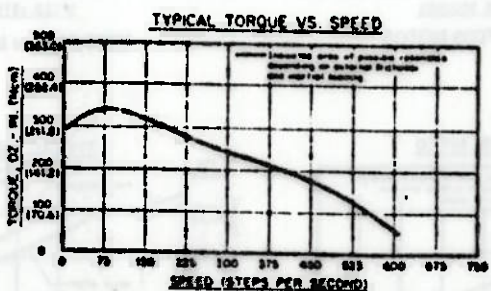
M063-FC06 or M063-FD06 MOTOR



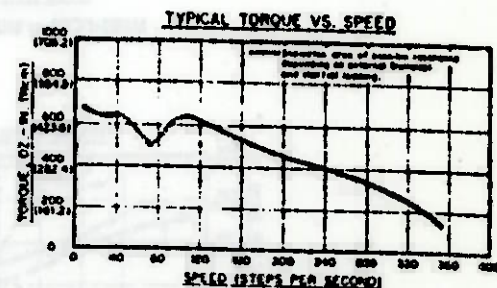
M091-FC06 or M091-FD06 MOTOR



M092-FC08 or M092-FD08 MOTOR

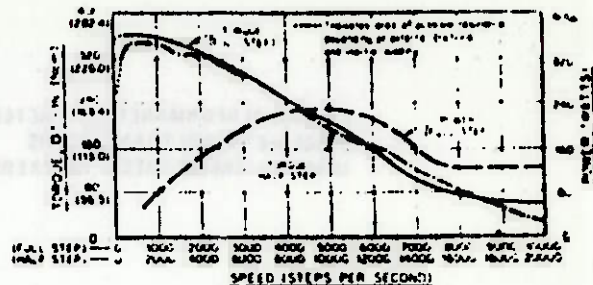


M093-FC07 or M093-FD07 MOTOR

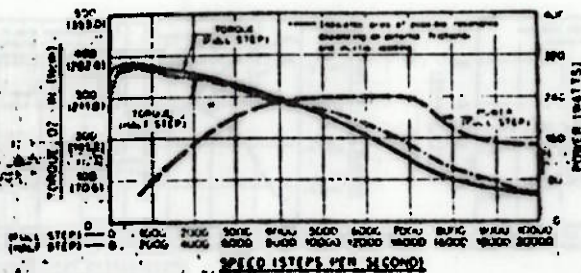


M112-FD08 or M112-FJ08 MOTOR

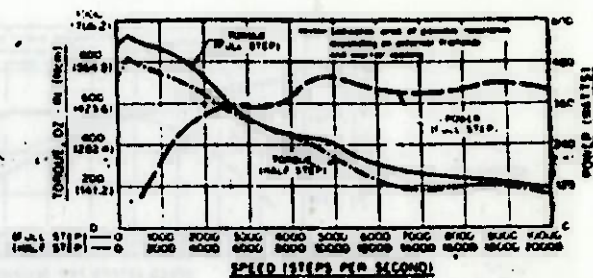
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS
IC600 and TM600U TRANSLATORS
IM600C and IK600C PRESET INDEXERS



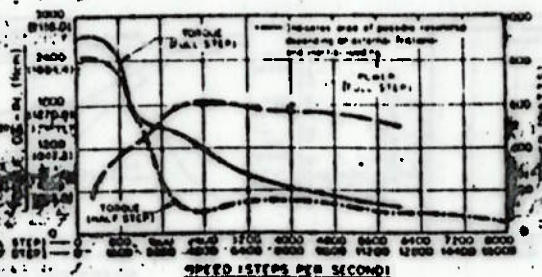
M092-FD310 MOTOR



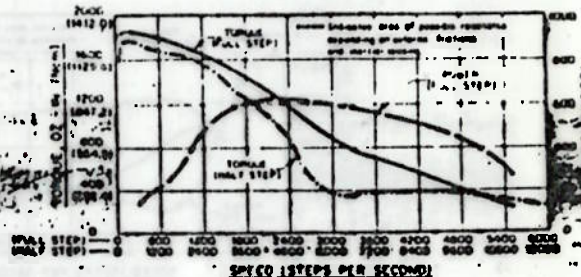
M093-FD301 MOTOR



M112-FJ326 MOTOR



M172-FD306 MOTOR



M172-FD308 MOTOR

other Superior Electric products

MITAS™ (MODULYNX® Intelligent Two-Axis System)

- MODULYNX® Motion Controls**
- SLO-SYN® Stepping Motors**
- SLO-SYN® AC Synchronous Motors**
- POWERSTAT® Variable Transformers**
- STABILINE® AC Voltage Monitors**
- STABILINE® Full Range Regulator Controllers**
- STABILINE® Automatic Voltage Regulators**
- STABILINE® Isolation Transformers**

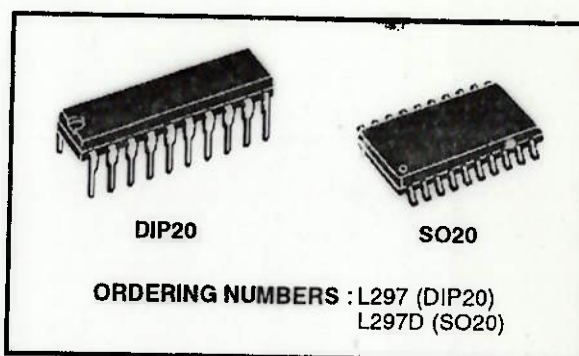
- STABILINE® Transient Voltage Suppressors**
- STABILINE® Computer Regulators**
- STABILINE® Power Conditioners**
- 5-WAY® Binding Posts**
- 5-WAY™ Test Probes**
- SUPERCON® Electrical Connectors**
- SLO-SYN® Photoelectric Tape Readers**
- LUXTROL® Light Controls (RFI Noise Free)**

The right to make engineering reprints in all products is reserved. Dimensions and all other details are subject to change. When dimensions are critical, detailed drawings should be obtained from the factory.



STEPPER MOTOR CONTROLLERS

- NORMAL/WAVE DRIVE
- HALF/FULL STEP MODES
- CLOCKWISE/ANTICLOCKWISE DIRECTION
- SWITCHMODE LOAD CURRENT REGULATION
- PROGRAMMABLE LOAD CURRENT
- FEW EXTERNAL COMPONENTS
- RESET INPUT & HOME OUTPUT
- ENABLE INPUT



DESCRIPTION

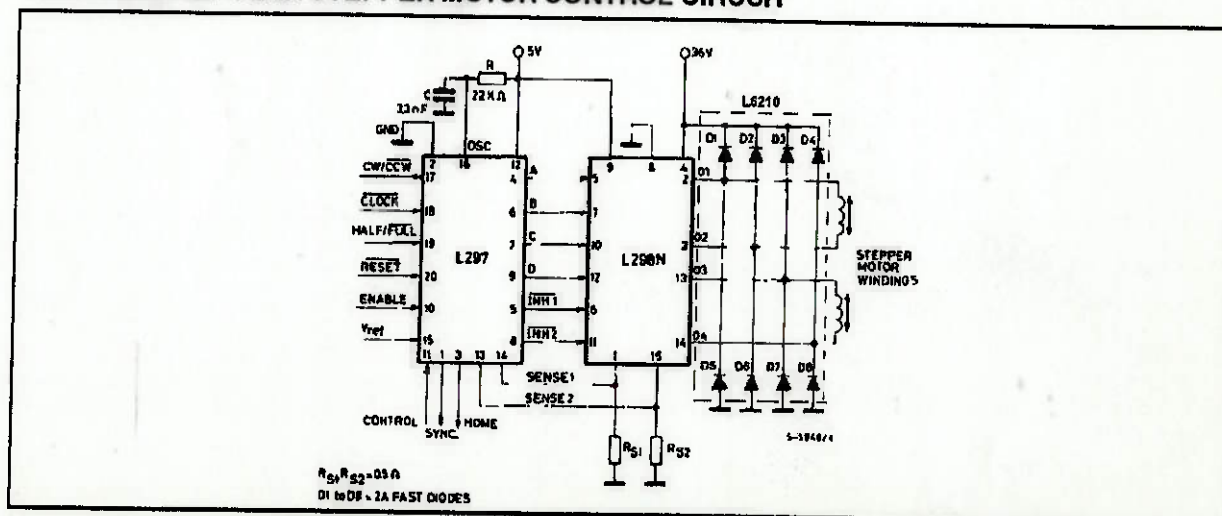
The L297/A/D Stepper Motor Controller IC generates four phase drive signals for two phase bipolar and four phase unipolar step motors in microcomputer-controlled applications. The motor can be driven in half step, normal and wave drive modes and on-chip PWM chopper circuits permit switch-mode control of the current in the windings. A

feature of this device is that it requires only clock, direction and mode input signals. Since the phase are generated internally the burden on the microprocessor, and the programmer, is greatly reduced. Mounted in DIP20 and SO20 packages, the L297 can be used with monolithic bridge drives such as the L298N or L293E, or with discrete transistors and darlington.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

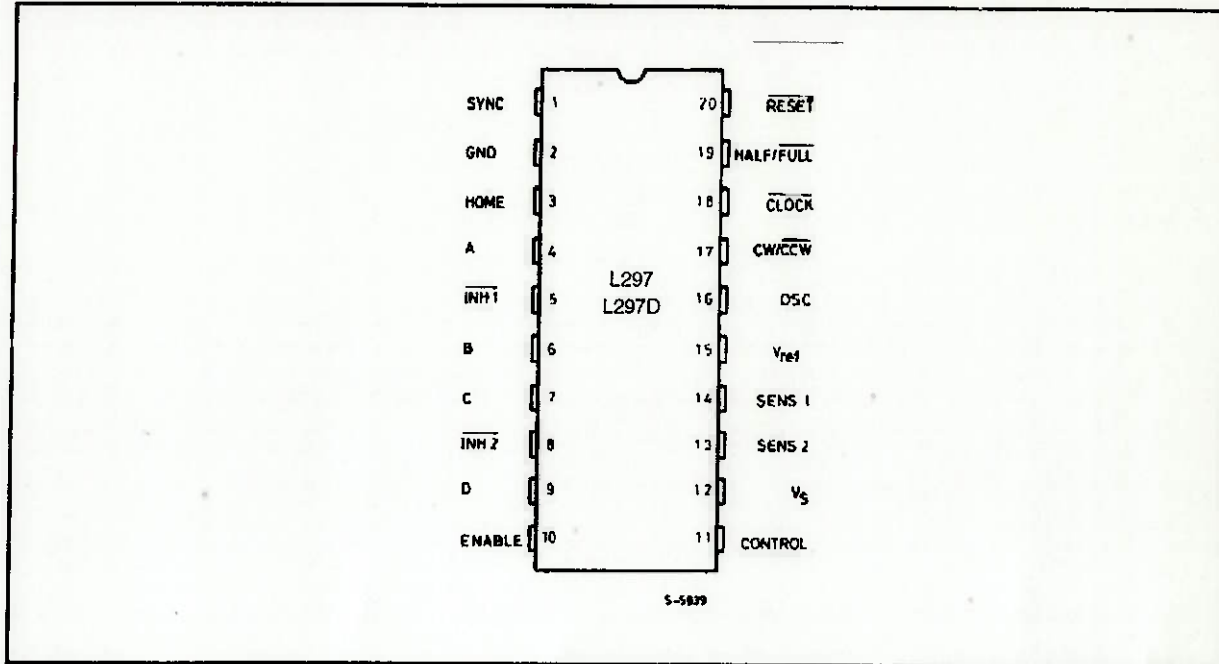
Symbol	Parameter	Value	Unit
V_s	Supply voltage	10	V
V_i	Input signals	7	V
P_{tot}	Total power dissipation ($T_{amb} = 70^\circ\text{C}$)	1	W
T_{stg}, T_j	Storage and junction temperature	-40 to + 150	$^\circ\text{C}$

TWO PHASE BIPOLAR STEPPER MOTOR CONTROL CIRCUIT

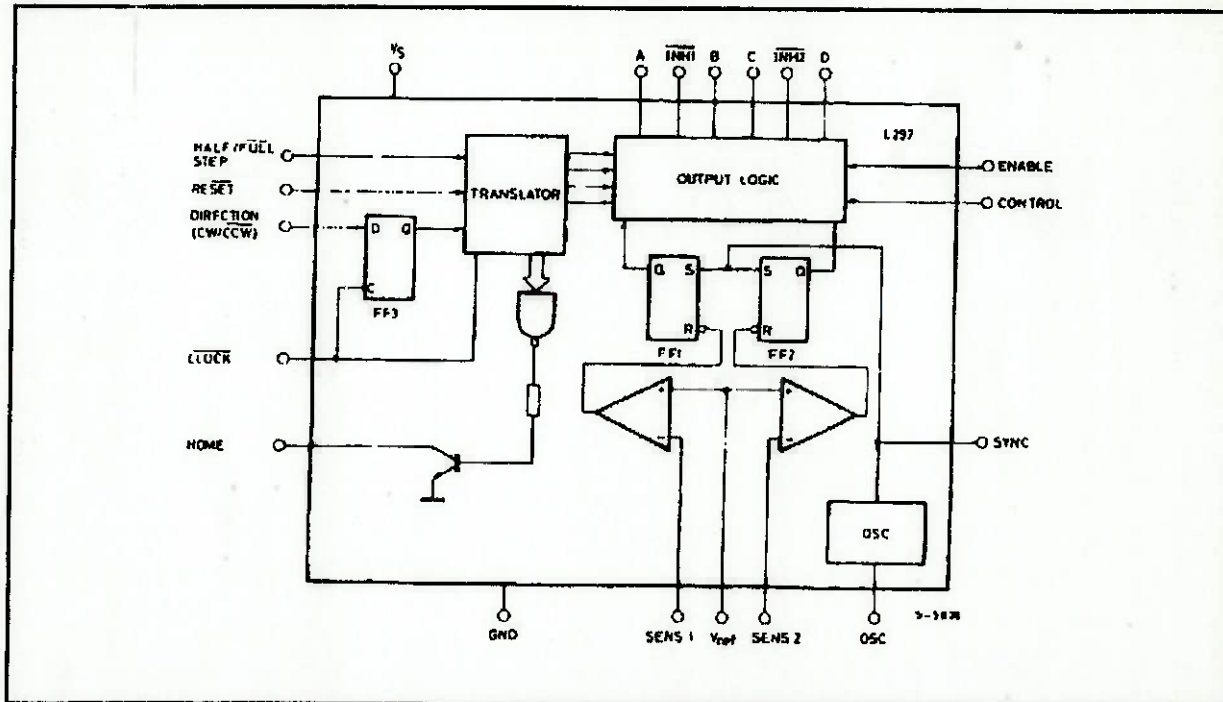


L297-L297D

PIN CONNECTION (Top view)



BLOCK DIAGRAM (L297/L297D)



PIN FUNCTIONS - L297/L297D

N°	NAME	FUNCTION
1	SYNC	Output of the on-chip chopper oscillator. The SYNC connections of all L297s to be synchronized are connected together and the oscillator components are omitted on all but one. If an external clock source is used it is injected at this terminal.
2	GND	Ground connection.
3	HOME	Open collector output that indicates when the L297 is in its initial state (ABCD = 0101). The transistor is open when this signal is active.
4	A	Motor phase A drive signal for power stage.
5	$\overline{\text{INH1}}$	Active low inhibit control for driver stage of A and B phases. When a bipolar bridge is used this signal can be used to ensure fast decay of load current when a winding is de-energized. Also used by chopper to regulate load current if CONTROL input is low.
6	B	Motor phase B drive signal for power stage.
7	C	Motor phase C drive signal for power stage.
8	$\overline{\text{INH2}}$	Active low inhibit control for drive stages of C and D phases. Same functions as INH1.
9	D	Motor phase D drive signal for power stage.
10	ENABLE	Chip enable input. When low (inactive) INH1, INH2, A, B, C and D are brought low.
11	CONTROL	Control input that defines action of chopper. When low chopper acts on INH1 and INH2; when high chopper acts on phase lines ABCD.
12	V_s	5V supply input.
13	SENS ₂	Input for load current sense voltage from power stages of phases C and D.
14	SENS ₁	Input for load current sense voltage from power stages of phases A and B.
15	V_{ref}	Reference voltage for chopper circuit. A voltage applied to this pin determines the peak load current.
16	OSC	An RC network (R to V_{CC} , C to ground) connected to this terminal determines the chopper rate. This terminal is connected to ground on all but one device in synchronized multi - L297 configurations. $f \approx 1/0.69 RC$
17	CW/ $\overline{\text{CCW}}$	Clockwise/counterclockwise direction control input. Physical direction of motor rotation also depends on connection of windings. Synchronized internally therefore direction can be changed at any time.
18	$\overline{\text{CLOCK}}$	Step clock. An active low pulse on this input advances the motor one increment. The step occurs on the rising edge of this signal.

PIN FUNCTIONS - L297/L297D (continued)

N°	NAME	FUNCTION
19	HALF/FULL	Half/full step select input. When high selects half step operation, when low selects full step operation. One-phase-on full step mode is obtained by selecting FULL when the L297's translator is at an even-numbered state. Two-phase-on full step mode is set by selecting FULL when the translator is at an odd numbered position. (The home position is designate state 1).
20	RESET	Reset input. An active low pulse on this input restores the translator to the home position (state 1, ABCD = 0101).

THERMAL DATA

Symbol	Parameter	DIP20	SO20	Unit
$R_{th-j-amb}$	Thermal resistance junction-ambient max	80	100	°C/W

CIRCUIT OPERATION

The L297 is intended for use with a dual bridge driver, quad darlington array or discrete power devices in step motor driving applications. It receives step clock, direction and mode signals from the systems controller (usually a microcomputer chip) and generates control signals for the power stage.

The principal functions are a translator, which generates the motor phase sequences, and a dual PWM chopper circuit which regulates the current in the motor windings. The translator generates three different sequences, selected by the HALF/FULL input. These are normal (two phases energised), wave drive (one phase energised) and half-step (alternately one phase energised/two phases energised). Two inhibit signals are also generated by the L297 in half step and wave drive modes. These signals, which connect directly to the L298's enable inputs, are intended to speed current decay when a winding is de-energised. When the L297 is used to drive a unipolar motor the chopper acts on these lines.

An input called CONTROL determines whether the chopper will act on the phase lines ABCD or the inhibit lines INH1 and INH2. When the phase lines

are chopped the non-active phase line of each pair (AB or CD) is activated (rather than interrupting the line then active). In L297 + L298 configuration this technique reduces dissipation in the load current sense resistors.

A common on-chip oscillator drives the dual chopper. It supplies pulses at the chopper rate which set the two flip-flops FF1 and FF2. When the current in a winding reaches the programmed peak value the voltage across the sense resistor (connected to one of the sense inputs SENS₁ or SENS₂) equals V_{ref} and the corresponding comparator resets its flip flop, interrupting the drive current until the next oscillator pulse arrives. The peak current for both windings is programmed by a voltage divider on the V_{ref} input.

Ground noise problems in multiple configurations can be avoided by synchronising the chopper oscillators. This is done by connecting all the SYNC pins together, mounting the oscillator RC network on one device only and grounding the OSC pin on all other devices.

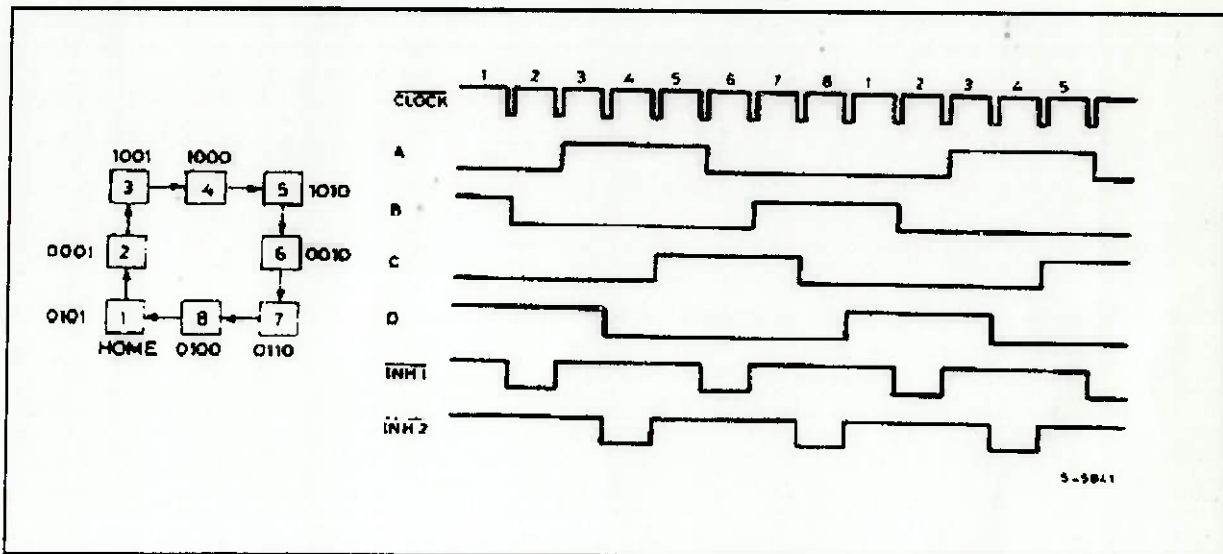
MOTOR DRIVING PHASE SEQUENCES

The L297's translator generates phase sequences for normal drive, wave drive and half step modes. The state sequences and output waveforms for these three modes are shown below. In all cases the translator advances on the low to high transition of **CLOCK**.

Clockwise rotation is indicated; for anticlockwise rotation the sequences are simply reversed. **RESET** restores the translator to state 1, where ABCD = 0101.

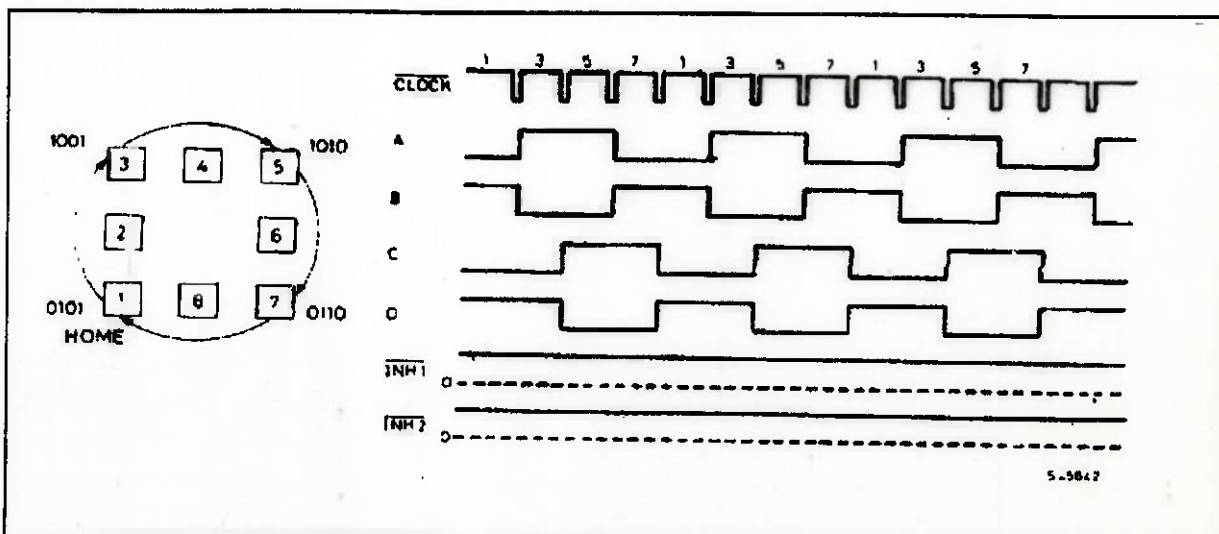
HALF STEP MODE

Half step mode is selected by a high level on the **HALF/FULL** input.



NORMAL DRIVE MODE

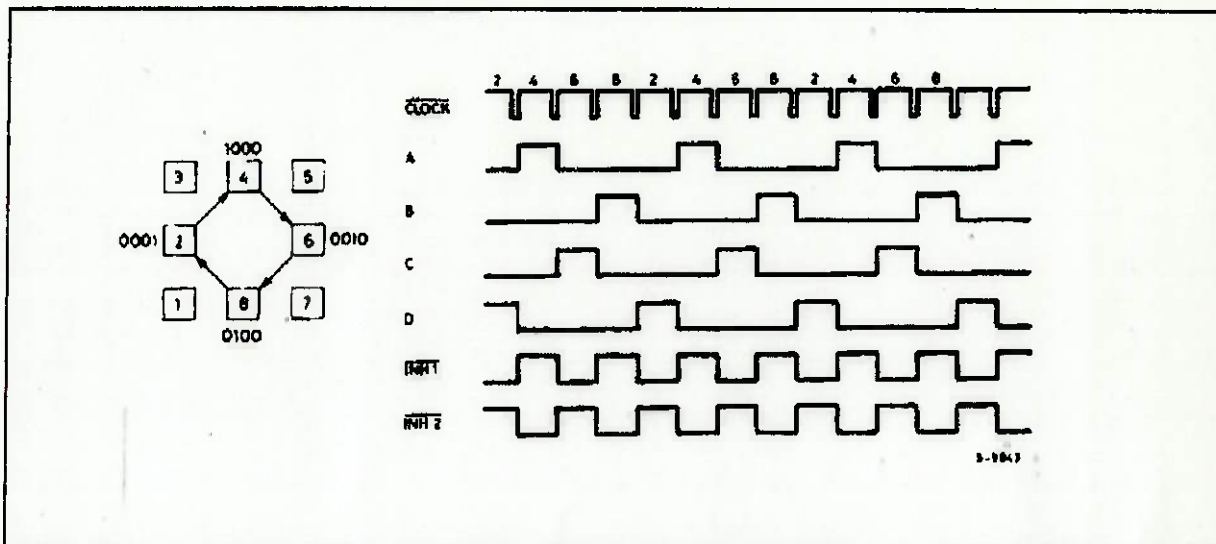
Normal drive mode (also called "two-phase-on" drive) is selected by a low level on the **HALF/FULL** input when the translator is at an odd numbered state (1, 3, 5 or 7). In this mode the **INH1** and **INH2** outputs remain high throughout.



MOTOR DRIVING PHASE SEQUENCES (continued)

WAVE DRIVE MODE

Wave drive mode (also called "one-phase-on" drive) is selected by a low level on the HALF/FULL input when the translator is at an even numbered state (2, 4, 6 or 8).

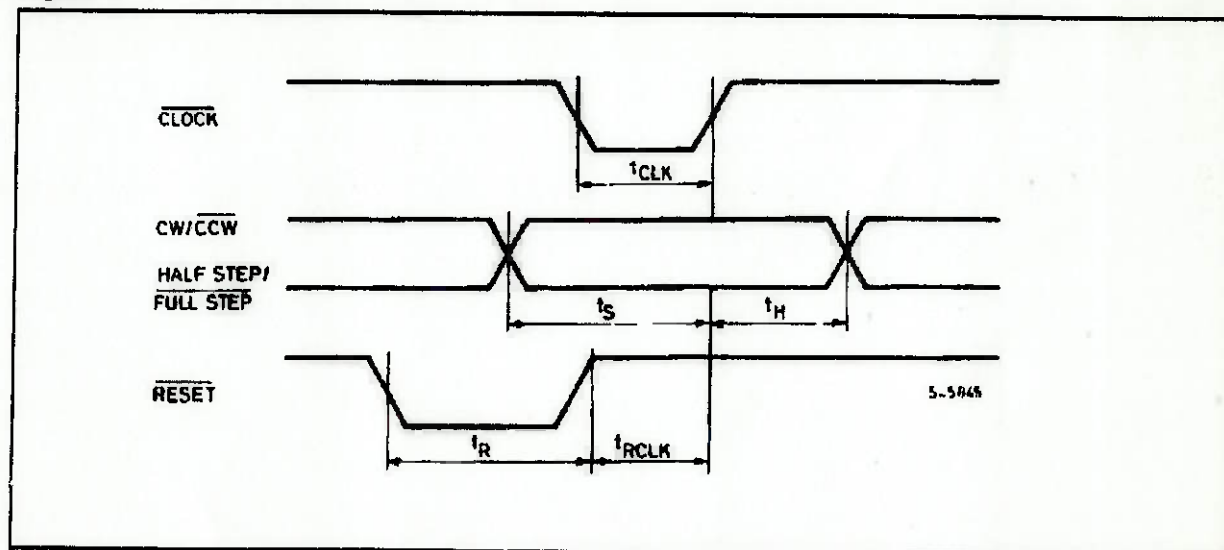
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Refer to the block diagram $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, $V_s = 5\text{V}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ	Max.	Unit
V_s	Supply voltage (pin 12)		4.75		7	V
I_s	Quiescent supply current (pin 12)	Outputs floating		50	80	mA
V_i	Input voltage (pin 11, 17, 18, 19, 20)	Low			0.6	V
		High	2		V_s	V
I_i	Input current (pin 11, 17, 18, 19, 20)	$V_i = L$		100		μA
		$V_i = H$			10	μA
V_{en}	Enable input voltage (pin 10)	Low			1.3	V
		High	2		V_s	V
I_{en}	Enable input current (pin 10)	$V_{en} = L$			100	μA
		$V_{en} = H$			10	μA
V_o	Phase output voltage (pins 4, 6, 7, 9)	$I_o = 10\text{mA}$ V_{OL}			0.4	V
		$I_o = 5\text{mA}$ V_{OH}	3.9			V
V_{inh}	Inhibit output voltage (pins 5, 8)	$I_o = 10\text{mA}$ $V_{inh L}$			0.4	V
		$I_o = 5\text{mA}$ $V_{inh H}$	3.9			V
V_{sync}	Sync Output Voltage	$I_o = 5\text{mA}$ $V_{sync H}$	3.3			V
		$I_o = 5\text{mA}$ $V_{sync V}$			0.8	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ	Max.	Unit
I_{leak}	Leakage current (pin 3)	$V_{\text{CE}} = 7 \text{ V}$			1	μA
V_{sat}	Saturation voltage (pin 3)	$I = 5 \text{ mA}$			0.4	V
V_{off}	Comparators offset voltage (pins 13, 14, 15)	$V_{\text{ref}} = 1 \text{ V}$			5	mV
I_o	Comparator bias current (pins 13, 14, 15)		-100		10	μA
V_{ref}	Input reference voltage (pin 15)		0		3	V
t_{CLK}	Clock time		0.5			μs
t_s	Set up time		1			μs
t_H	Hold time		4			μs
t_R	Reset time		1			μs
t_{RCLK}	Reset to clock delay		1			μs

Figure 1.



APPLICATION INFORMATION

TWO PHASE BIPOLAR STEPPER MOTOR CONTROL CIRCUIT

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

Figure 2.

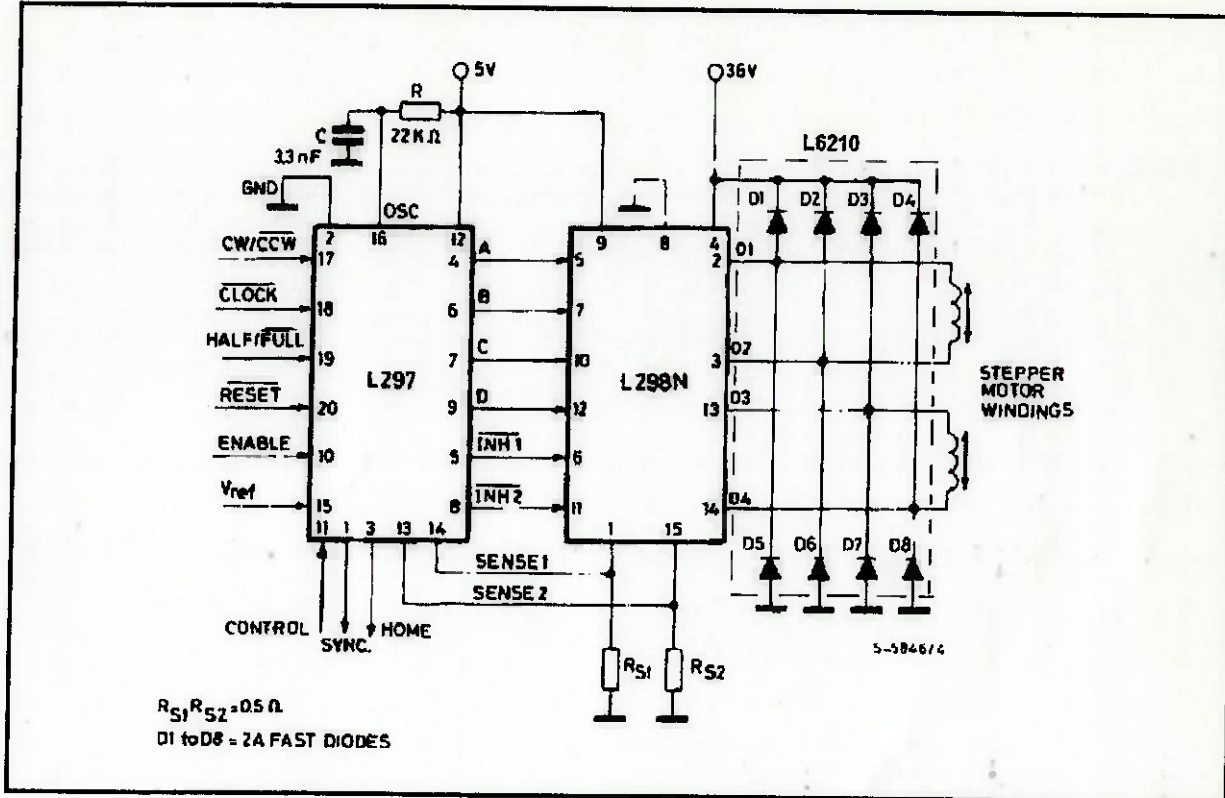
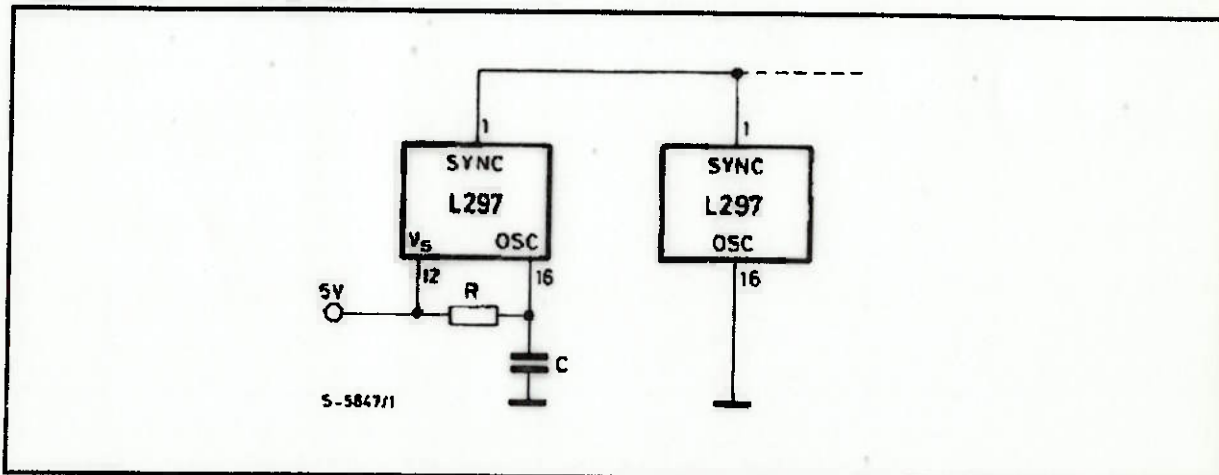
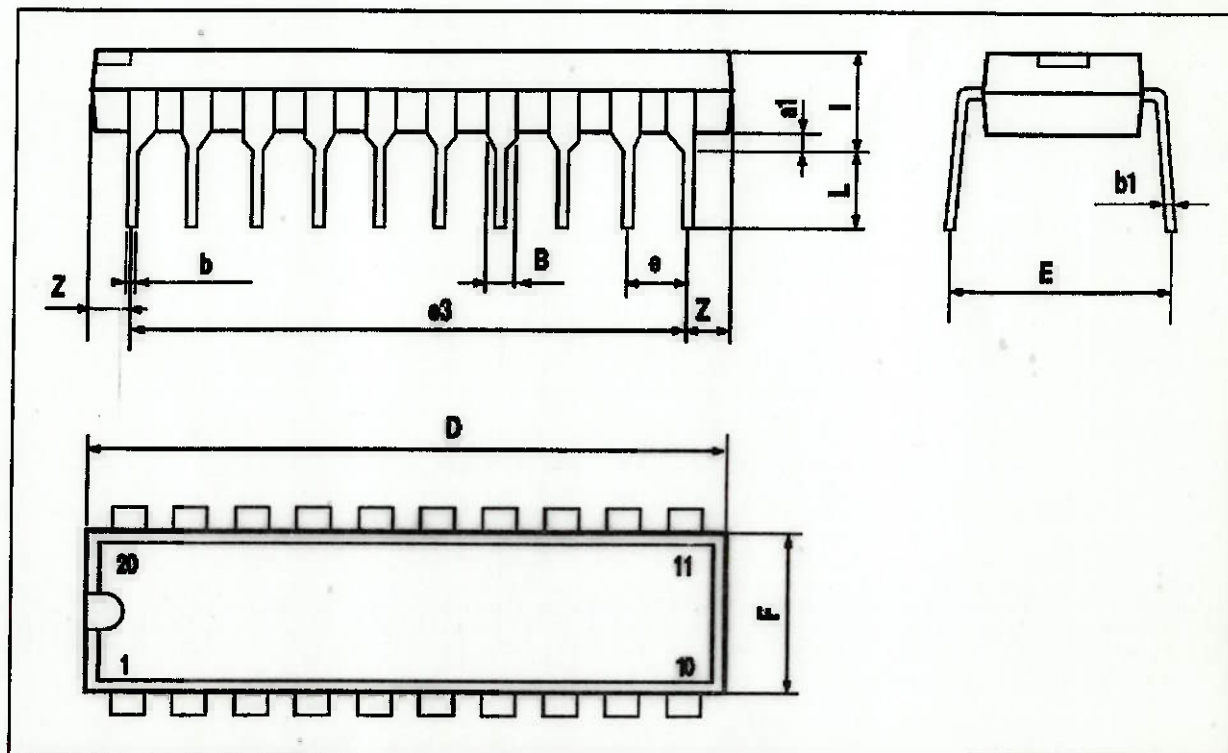


Figure 3 : Synchronising L297s



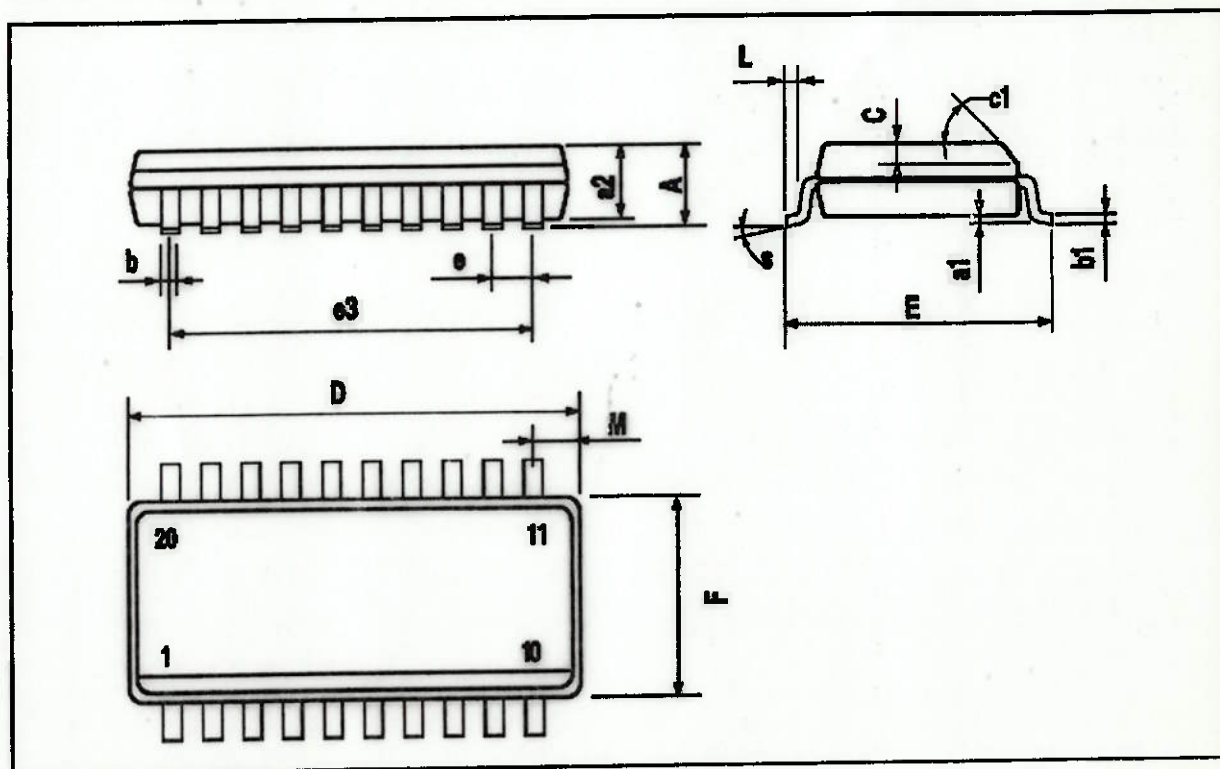
DIP20 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.254			0.010		
B	1.39		1.65	0.055		0.065
b		0.45			0.018	
b1		0.25			0.010	
D			25.4			1.000
E		8.5			0.335	
e		2.54			0.100	
e3		22.86			0.900	
F			7.1			0.280
I			3.93			0.155
L		3.3			0.130	
Z			1.34			0.053



SO20 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			2.65			0.104
a1	0.1		0.3	0.004		0.012
a2			2.45			0.096
b	0.35		0.49	0.014		0.019
b1	0.23		0.32	0.009		0.013
C		0.5			0.020	
c1	45 (typ.)					
D	12.6		13.0	0.496		0.512
E	10		10.65	0.394		0.419
e		1.27			0.050	
e3		11.43			0.450	
F	7.4		7.6	0.291		0.299
L	0.5		1.27	0.020		0.050
M			0.75			0.030
S	8 (max.)					



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. Specification 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.

© 1996 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.



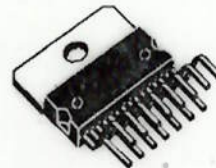
L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (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-



Multiwatt15

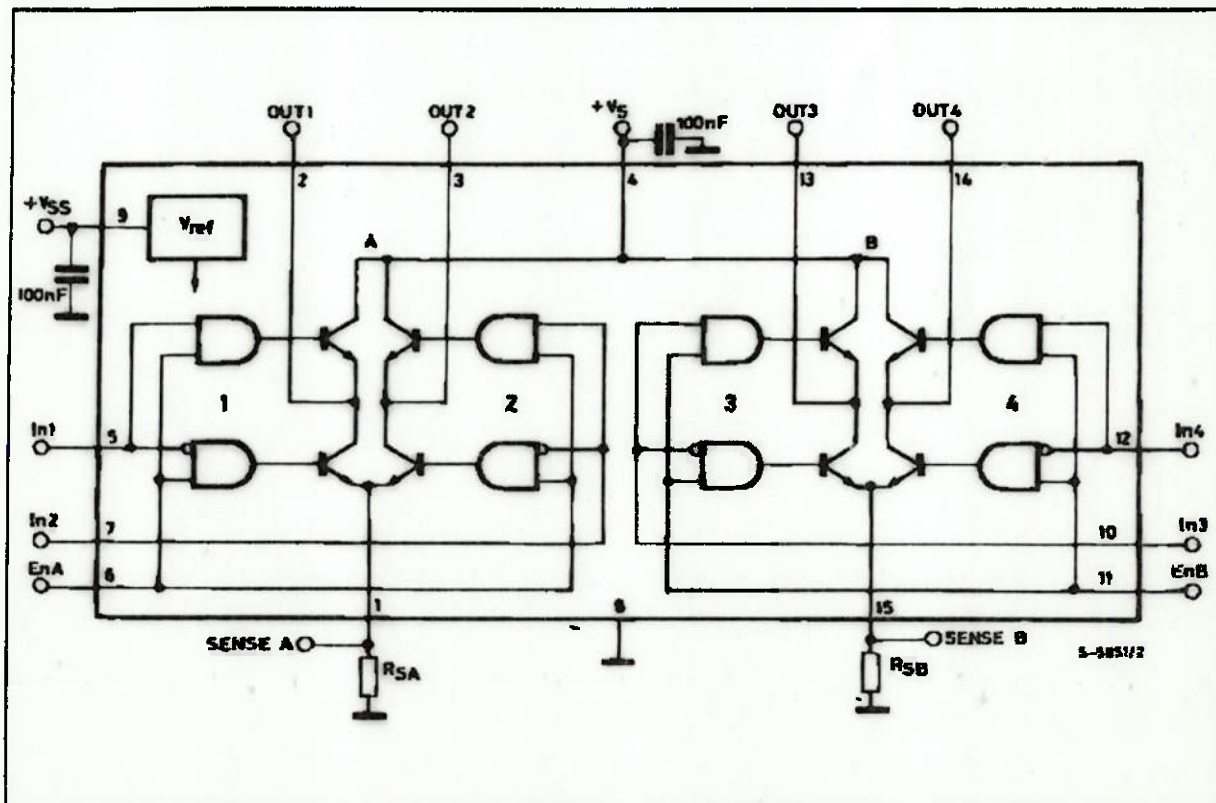


PowerSO20

ORDERING NUMBERS : L298N (Multiwatt Vert.)
L298HN (Multiwatt Horiz.)
L298P (PowerSO20)

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

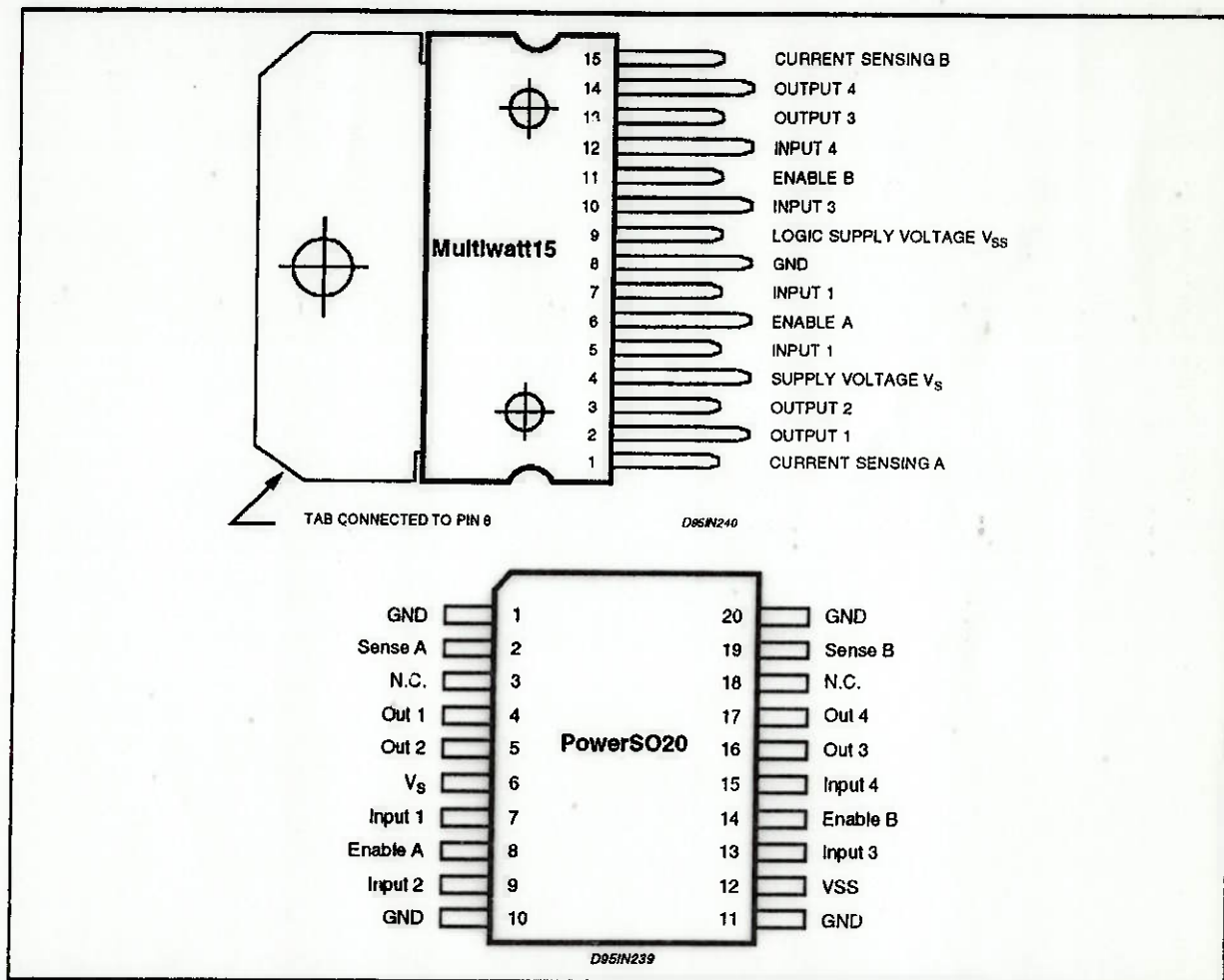
BLOCK DIAGRAM



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.	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. A 100nF 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		13	22	mA
		V _I = L		50	70	mA
		V _I = H				mA
		V _{en} = L			4	mA
I _{SS}	Quiescent Current from V _{SS} (pin 9)	V _{en} = H; I _L = 0		24	36	mA
		V _I = L		7	12	mA
		V _I = H				mA
		V _{en} = L			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 = 1A	0.95	1.35	1.7	V
		I _L = 2A		2	2.7	V
V _{CEsat} (L)	Sink Saturation Voltage	I _L = 1A (5)	0.85	1.2	1.6	V
		I _L = 2A (5)		1.7	2.3	V
V _{CEsat}	Total Drop	I _L = 1A (5)	1.80		3.2	V
		I _L = 2A (5)			4.9	V
V _{sens}	Sensing Voltage (pins 1, 15)		-1 (1)		2	V

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

2) See fig. 2.

3) See fig. 4.

4) The load must be a pure resistor.

Figure 1 : Typical Saturation Voltage vs. Output Current.

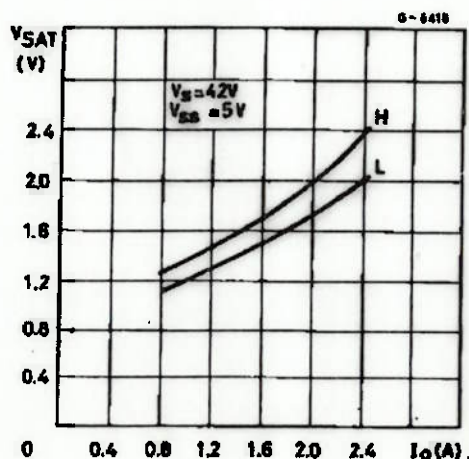
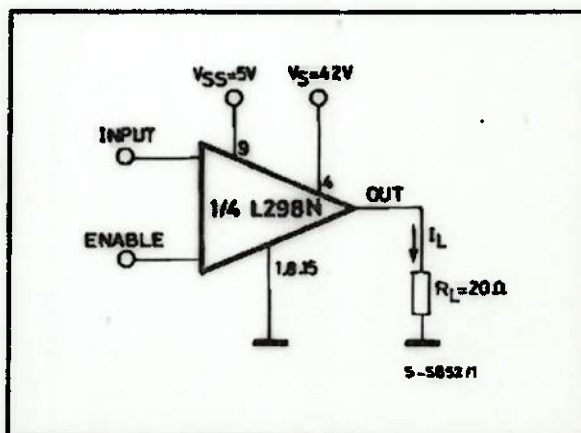


Figure 2 : Switching Times Test Circuits.



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

Figure 3 : Source Current Delay Times vs. Input or Enable Switching.

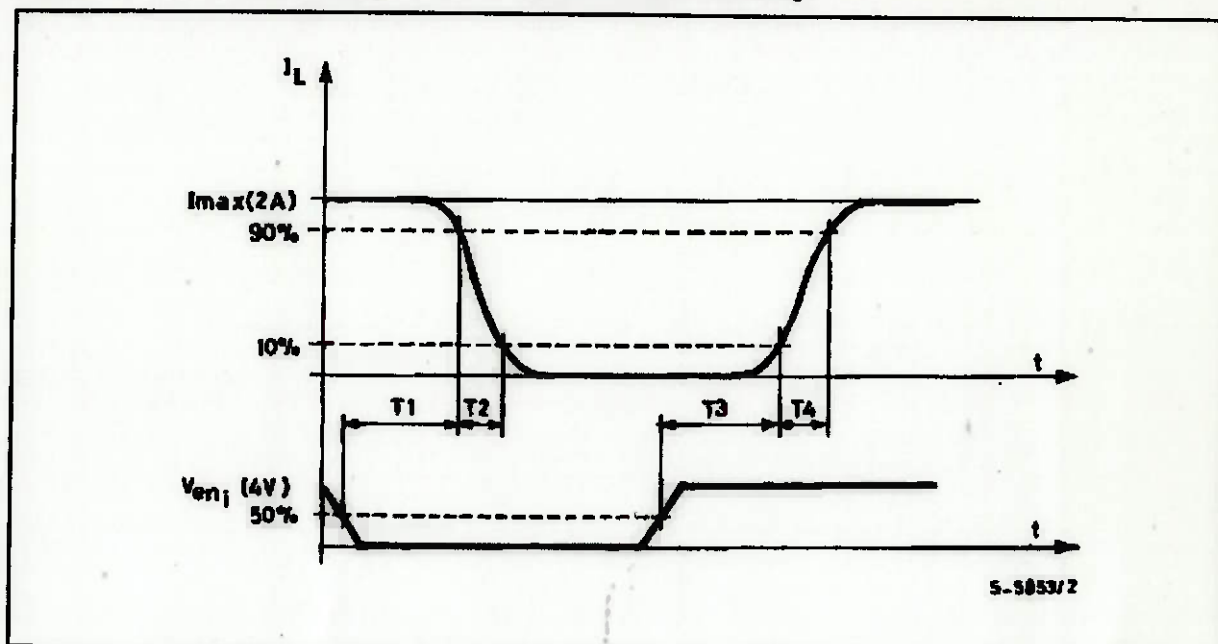
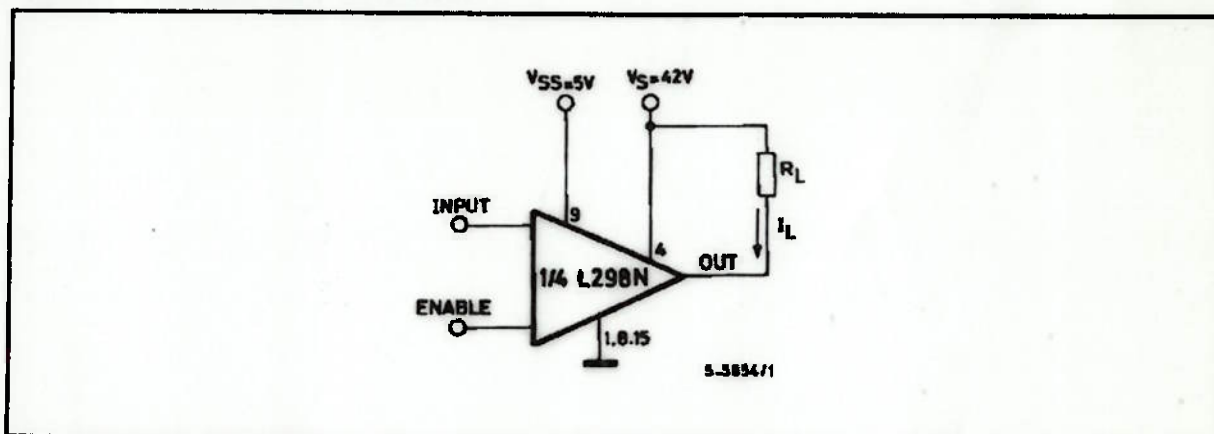


Figure 4 : Switching Times Test Circuits.



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

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

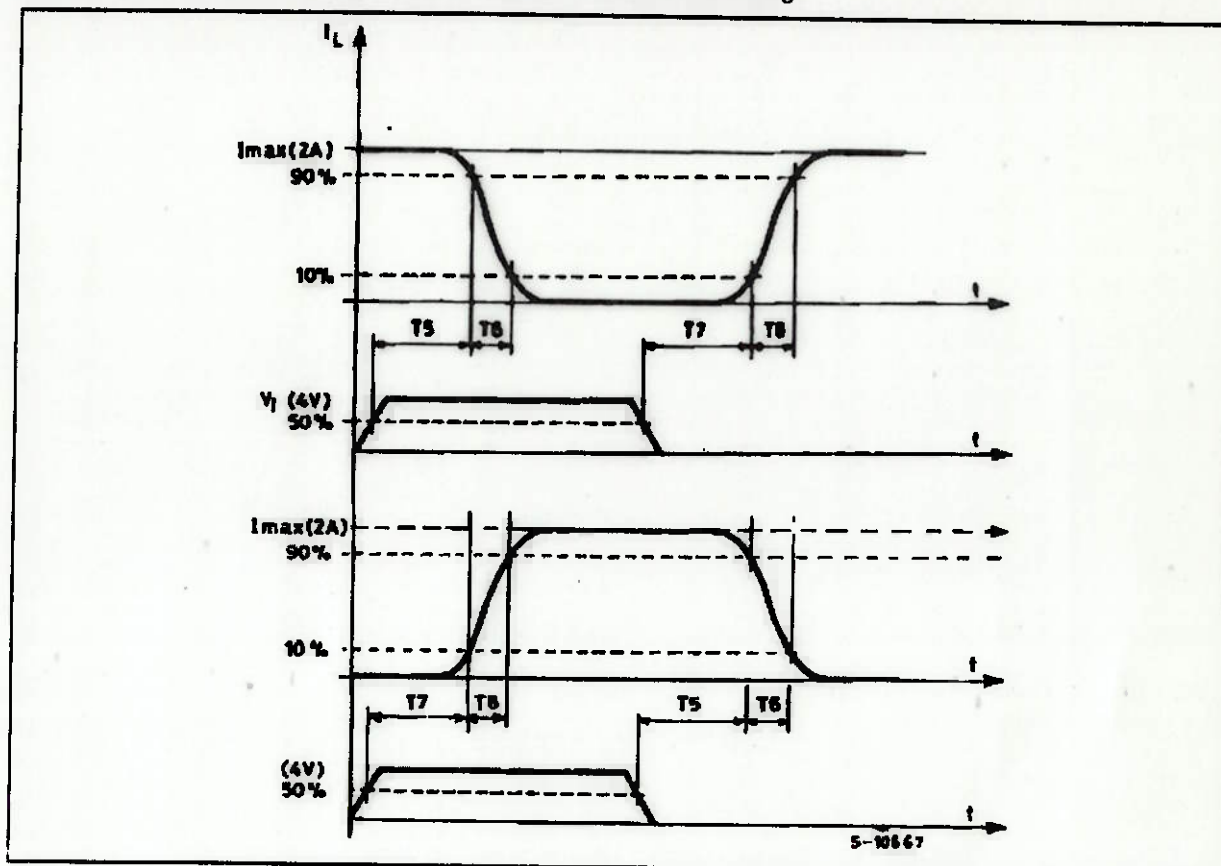


Figure 6 : Bidirectional DC Motor Control.

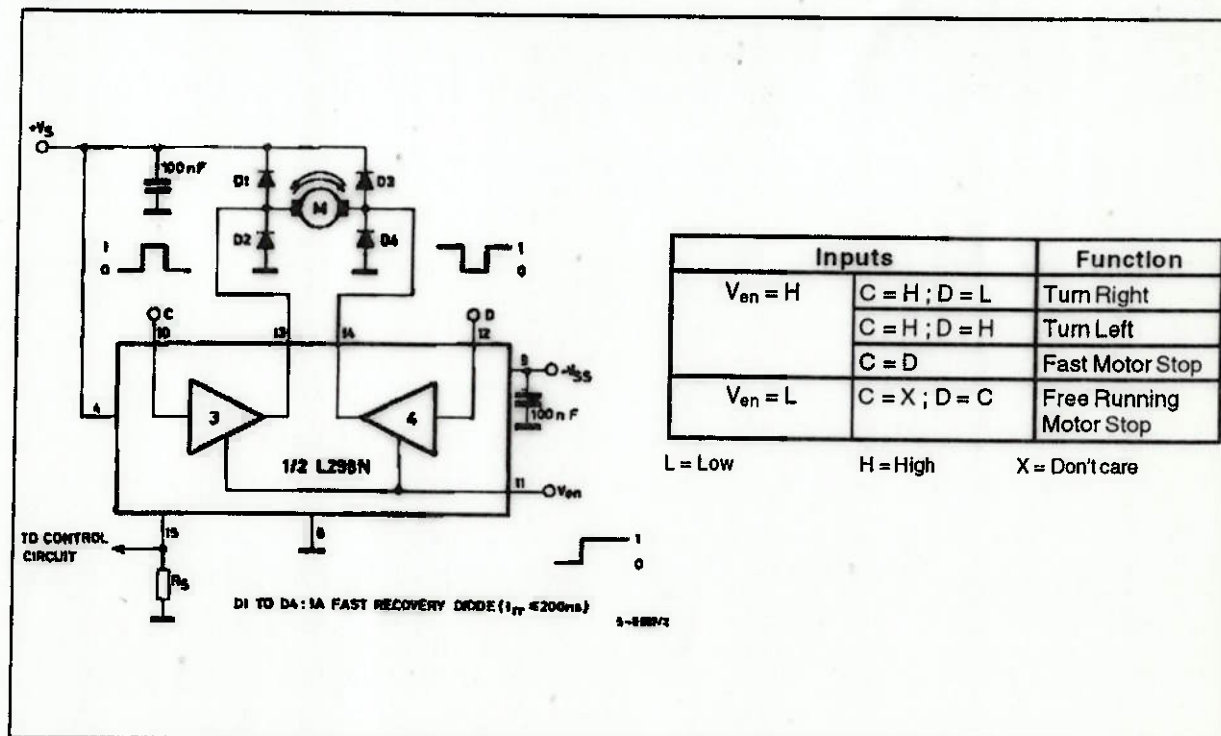
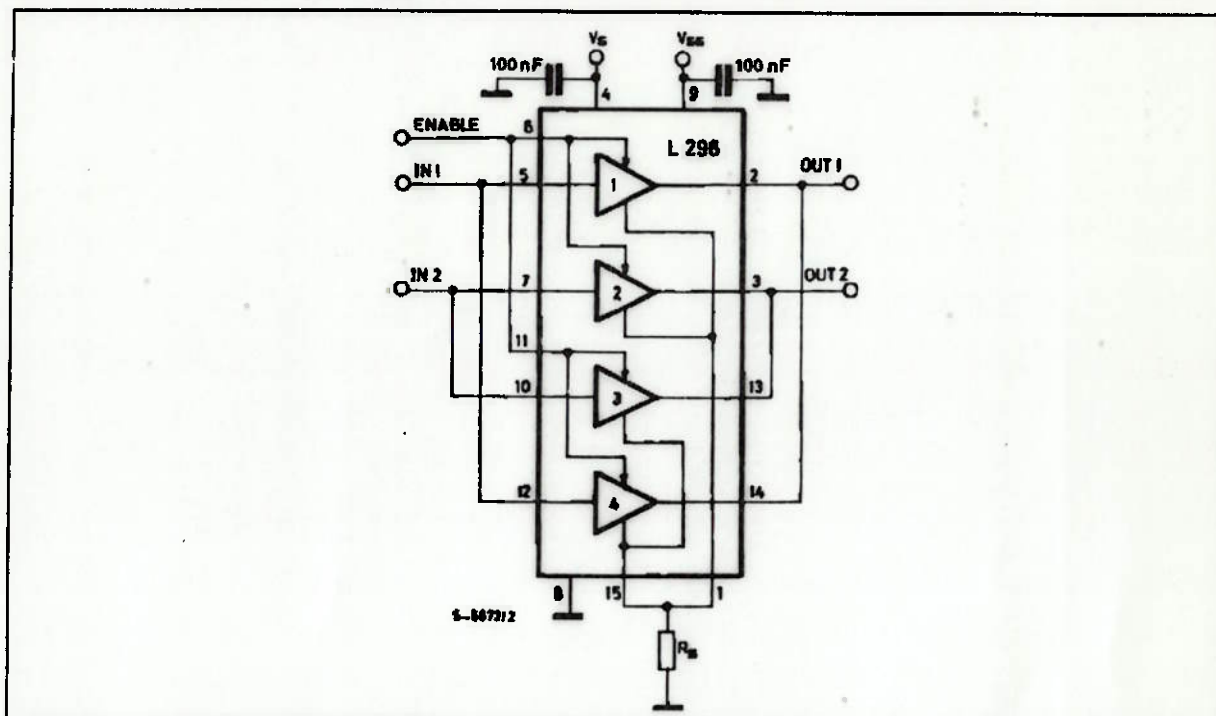


Figure 7 : For higher currents, outputs can be paralleled. Take care to parallel channel 1 with channel 4 and channel 2 with channel 3.



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 differential 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 IN_1 ; IN_2 ; EN_A and IN_3 ; IN_4 ; EN_B . 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 D_1 to D_4 is made by four fast recovery elements ($t_{rr} \leq 200$ 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.

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.

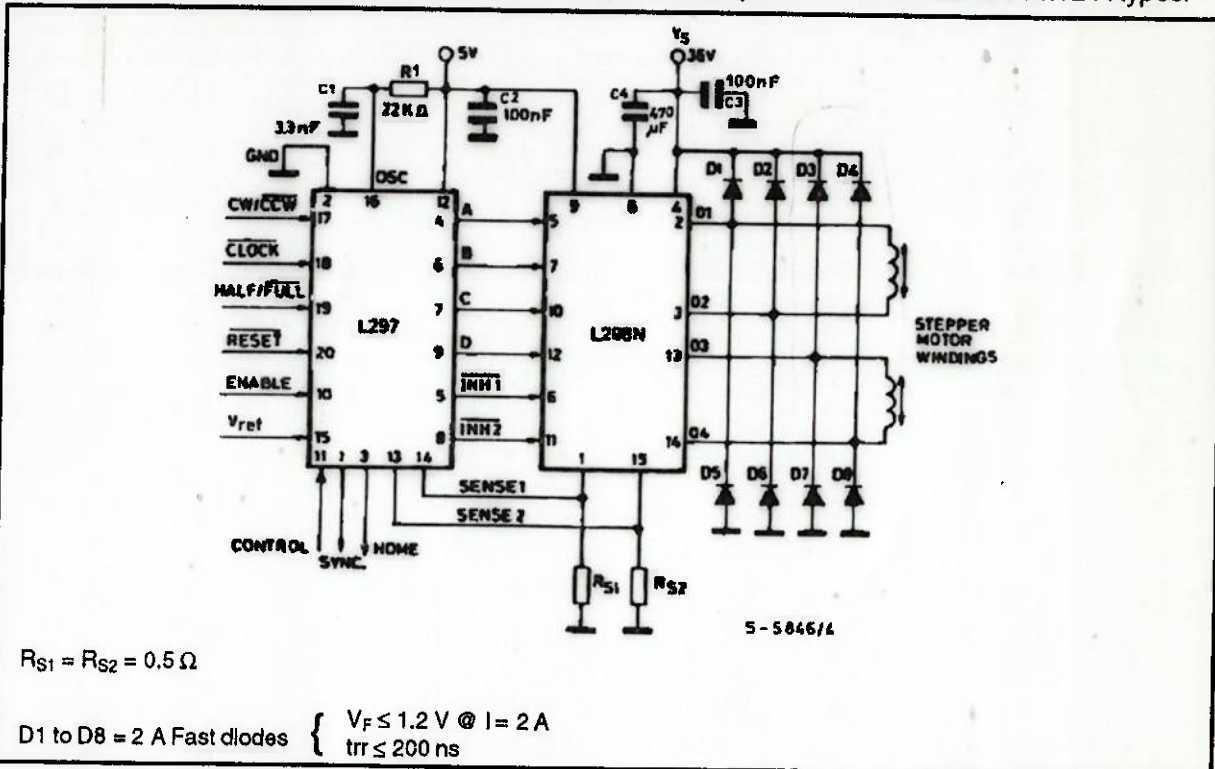


Figure 9 : Suggested Printed Circuit Board Layout for the Circuit of fig. 8 (1:1 scale).

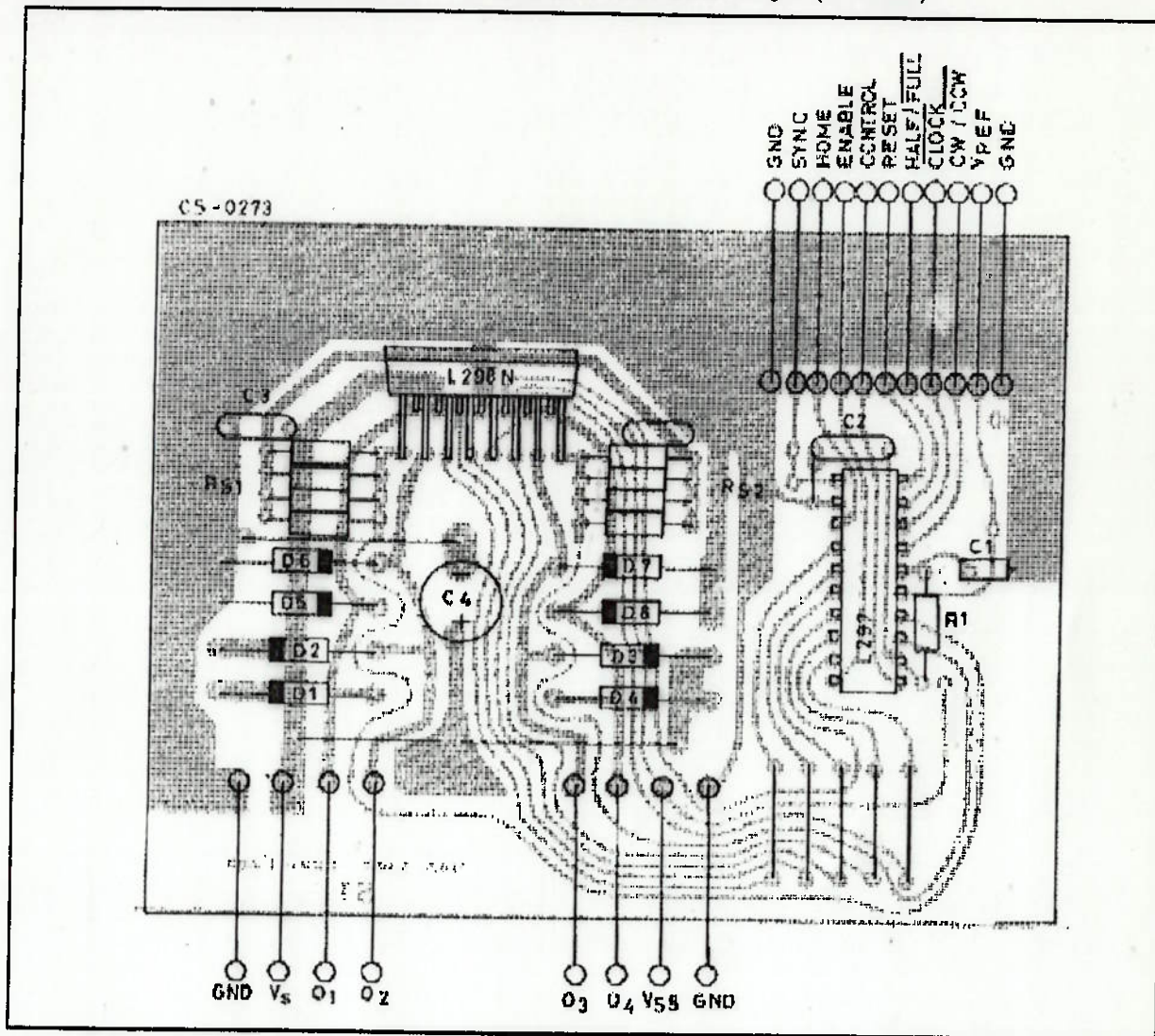
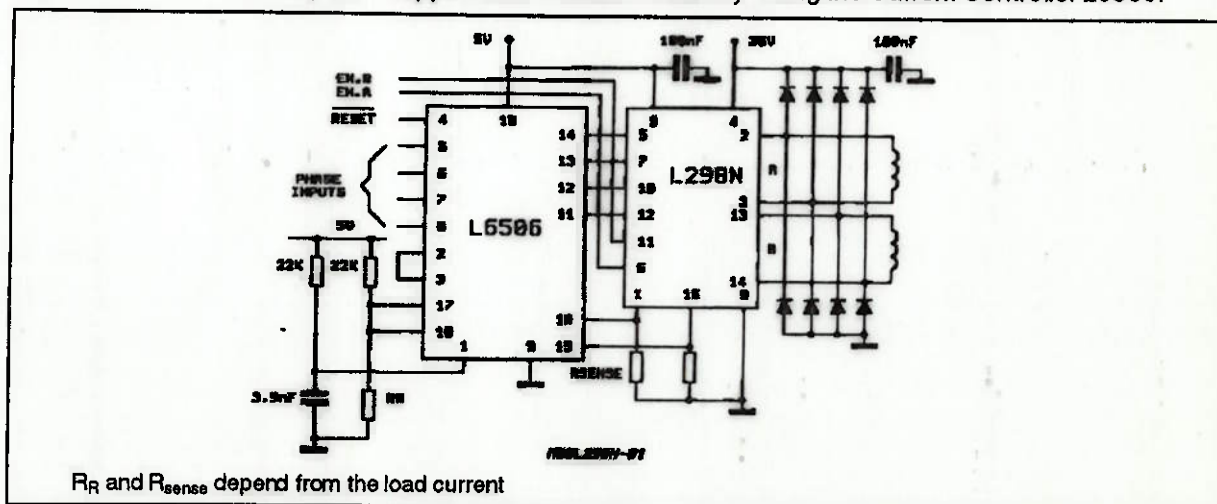
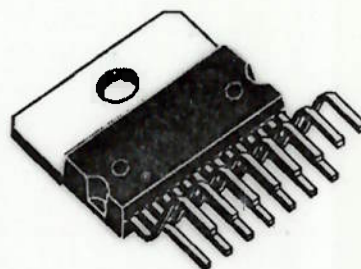


Figure 10 : Two Phase Bipolar Stepper Motor Control Circuit by Using the Current Controller L6506.

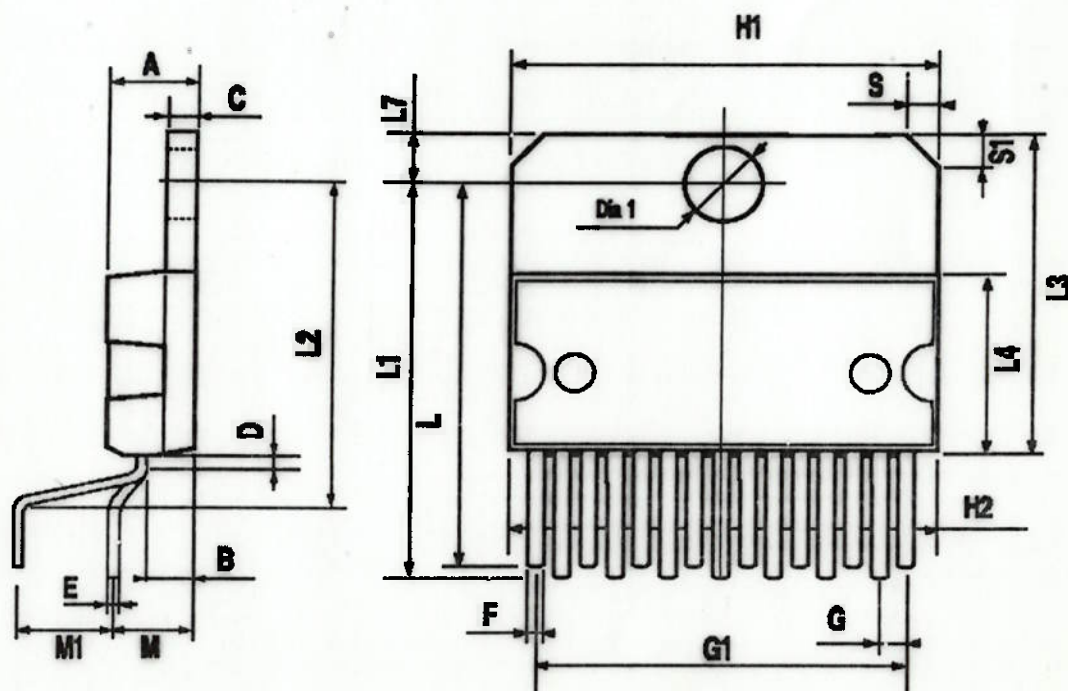


DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
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

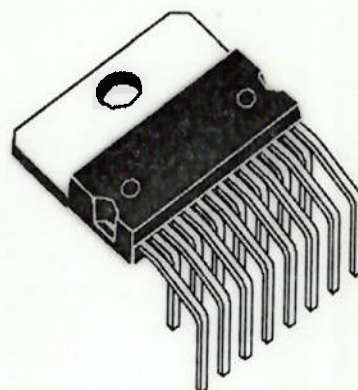


Multiwatt15 V

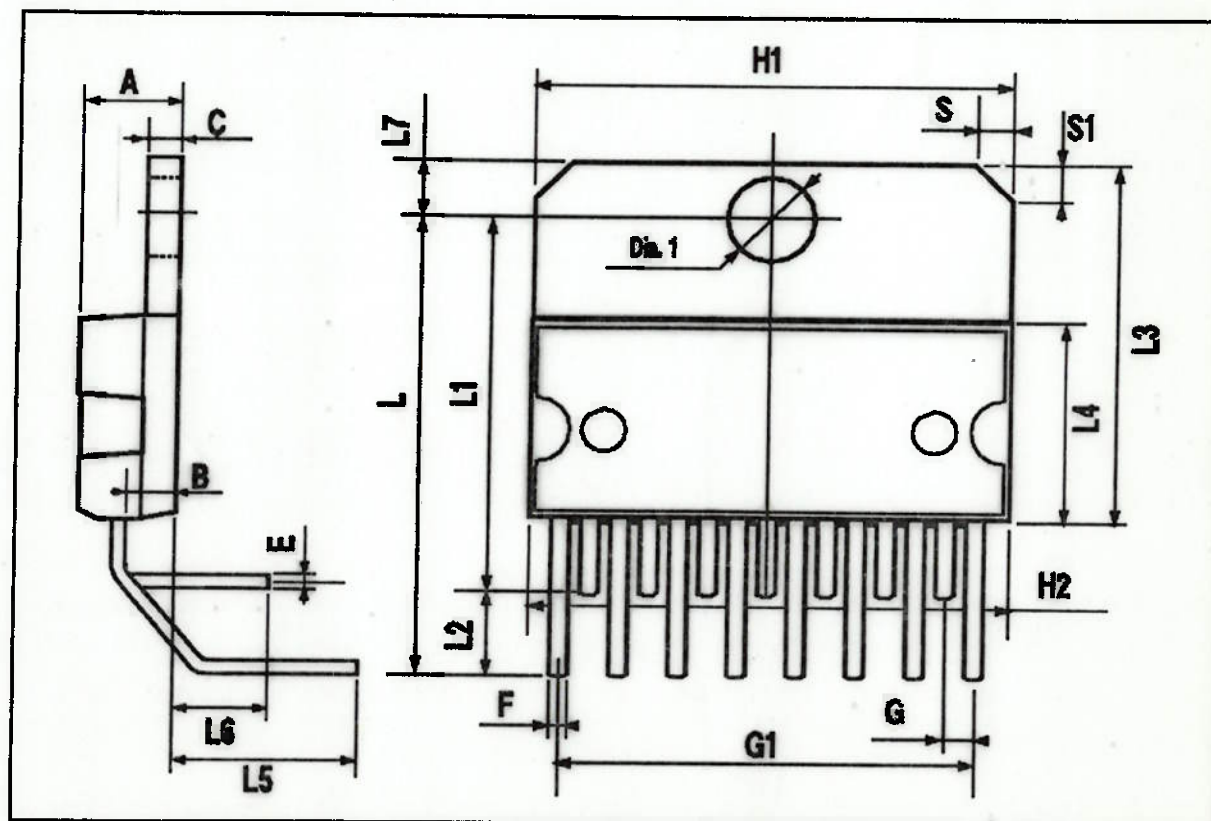


DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.14	1.27	1.4	0.045	0.050	0.055
G1	17.57	17.78	17.91	0.692	0.700	0.705
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L		20.57			0.810	
L1		18.03			0.710	
L2		2.54			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



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	

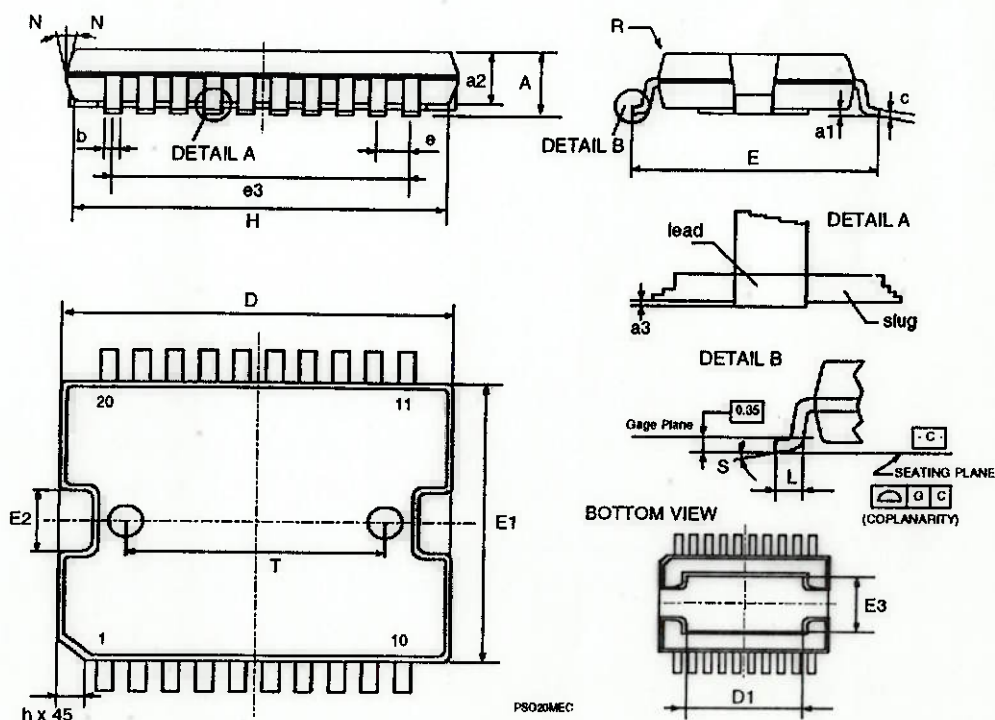
(1) "D and F" do not include mold flash or protrusions.
 - Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15 mm (0.006").
 - Critical dimensions "E", "G" and "a3"

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
© 1998 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - France - Germany - Italy - Japan - Korea - Malaysia - Malta - Mexico - Morocco - The Netherlands -
Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - Taiwan - Thailand - United Kingdom - U.S.A.
<http://www.st.com>



SILICON DARLINGTON POWER TRANSISTORS

P-N-P epitaxial-base transistors in monolithic Darlington circuit for audio output stages and general amplifier and switching applications. TO-220 plastic envelope. N-P-N complements are TIP120, TIP121 and TIP122.

QUICK REFERENCE DATA

	TIP125	TIP126	TIP127
Collector-base voltage (open emitter)	max.	80	100
Collector-emitter voltage (open base)	max.	80	100
Collector current (d.c.)	max.	5	A
Collector current (peak value; $t_p \leq 0.3$ ms)	max.	8	A
Total power dissipation up to $T_{mb} = 25^\circ\text{C}$	max.	65	W
D.C. current gain			
$-V_{CE} = 3\text{ V}; -I_C = 3\text{ A}$	$h_{FE} >$	1000	
Collector-emitter saturation voltage			
$-I_C = 3\text{ A}; -I_B = 12\text{ mA}$	$-V_{CEsat} <$	2.0	V

MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-220.
Collector connected to mounting base.

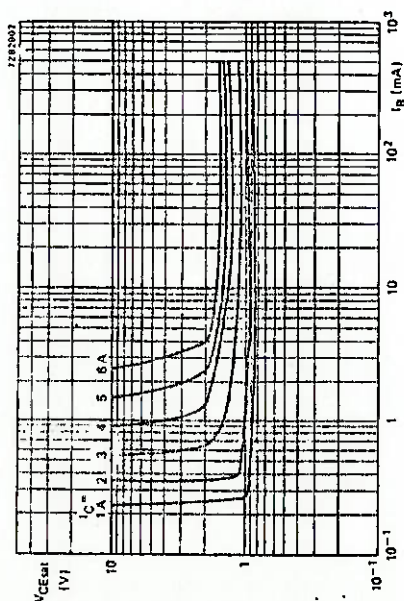
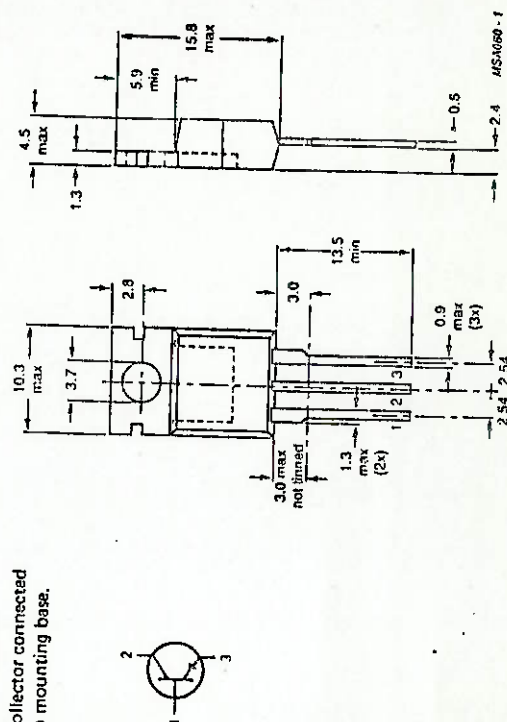


Fig. 10 Typical values; $T_J = 25^\circ\text{C}$.

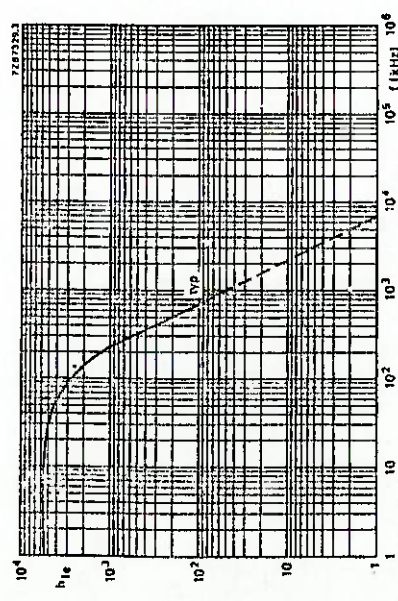


Fig. 11 Small signal current gain at $I_C = 3\text{ A}; V_{CE} = 3\text{ V}; T_J = 25^\circ\text{C}$.

CIRCUIT DIAGRAM

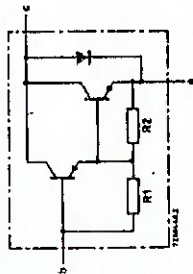


Fig. 2.
R1 typ. 4 kΩ
R2 typ. 80 Ω

RATINGS

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

	TIP125	TIP126	TIP127
Collector-base voltage ($I_E = 0$)	max. 60	max. 80	max. 100
Collector-emitter voltage ($I_B = 0$)	max. 60	max. 80	max. 100
Emitter-base voltage ($I_C = 0$)	max.	5	5
Collector current (d.c.)	max.	5	5
Collector current (peak value): $t_p \leq 0.3$ ms	max.	8	8
Base current (d.c.)	max.	0.1	0.1
Total power dissipation up to $T_{mb} = 25^\circ\text{C}$	max.	65	65
Total power dissipation in free air	max.	2	2
Storage temperature	max.	-65 to +150	-65 to +150
Junction temperature	max.	150	150

THERMAL RESISTANCE

From junction to mounting base	$R_{th j-mb}$	1.92	K/W
From junction to ambient in free air	$R_{th j-a}$	62.5	K/W

CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Collector cut-off currents

$V_{CB} = V_{CBOmax}; I_E = 0$	$-I_{CBO}$	<	0.1	mA
$V_{CE} = 1/2 V_{CEOmax}; I_B = 0$	$-I_{CEO}$	<	0.2	mA

Emitter cut-off current

$-V_{EB} = 5\text{ V}; I_C = 0$	$-I_{EBO}$	<	5.0	mA
---------------------------------	------------	---	-----	----

Collector-emitter sustaining voltage

$-I_C = 30\text{ mA}; I_B = 0$	$-V_{CEOsust}$	>	60	V
	$-V_{CEOsust}$	>	80	V
	$-V_{CEOsust}$	>	100	V

D.C. current gain

$-V_{CE} = 3\text{ V}; -I_C = 0.5\text{ A}$	h_{FE}	>	1000	
$-V_{CE} = 3\text{ V}; -I_C = 3\text{ A}$	h_{FE}	>	1000	

Base-emitter voltage

$-V_{CE} = 3\text{ V}; -I_C = 3\text{ A}$	$-V_{BE}$	<	2.5	V
---	-----------	---	-----	---

Collector-emitter saturation voltage

$-I_C = 3\text{ A}; -I_B = 12\text{ mA}$	$-V_{CEsat}$	<	2.0	V
$-I_C = 5\text{ A}; -I_B = 20\text{ mA}$	$-V_{CEsat}$	<	4.0	V

Switching times

$-I_C = 3\text{ A}; -I_{B(on)} = I_{B(off)} = 12\text{ mA}; -V_{CC} = 30\text{ V}$	t_{on}	typ.	1.5	μs
	t_{off}	typ.	8.5	μs

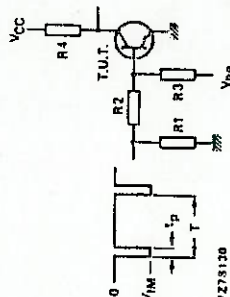


Fig. 3 Switching times test circuit.

$-V_{BE} = 10\text{ V}$	$R_1 = 56\ \Omega$	$t_r = t_f = 15\text{ ns}$
$-V_{CC} = 30\text{ V}$	$R_2 = 410\ \Omega$	$t_p = 10\ \mu\text{s}$
$+V_{BE} = 5\text{ V}$	$R_3 = 560\ \Omega$	$T = 500\ \mu\text{s}$
	$R_4 = 10\ \Omega$	

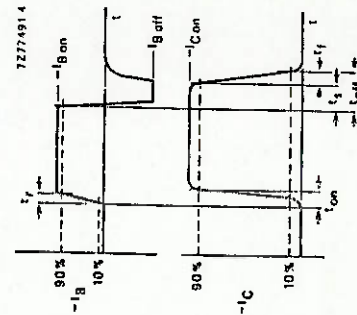


Fig. 4 Switching times waveforms.

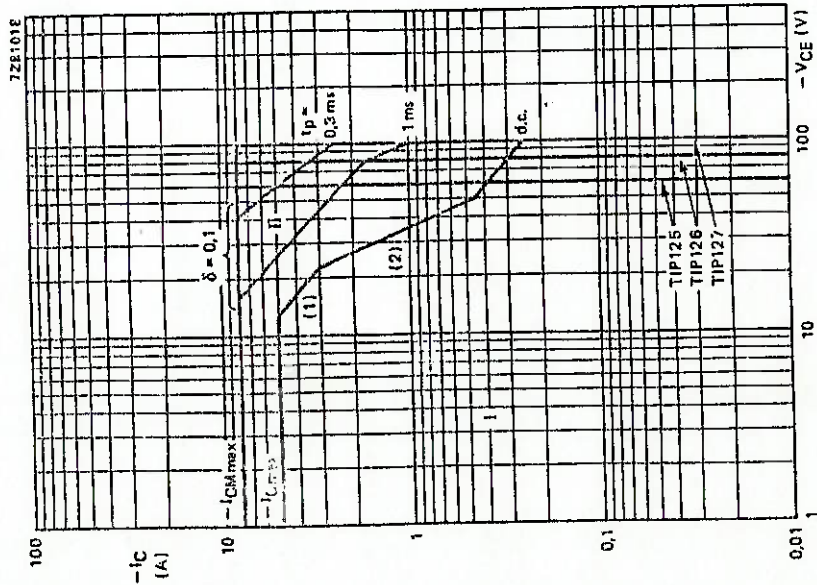


Fig. 5 Safe Operating Area at $T_{mb} = 25^{\circ}\text{C}$.

- I Region of permissible d.c. operation.
- II Permissible extension for repetitive pulse operation.
- (1) $P_{tot\ max}$ and $P_{peak\ max}$ lines.
- (2) Second-breakdown limits.

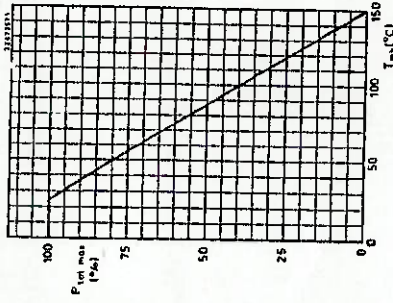


Fig. 6 Power derating curve.

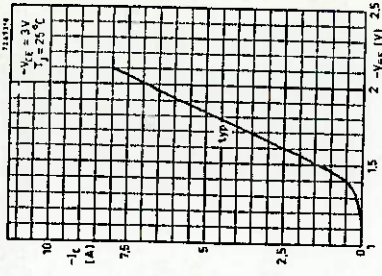


Fig. 7.

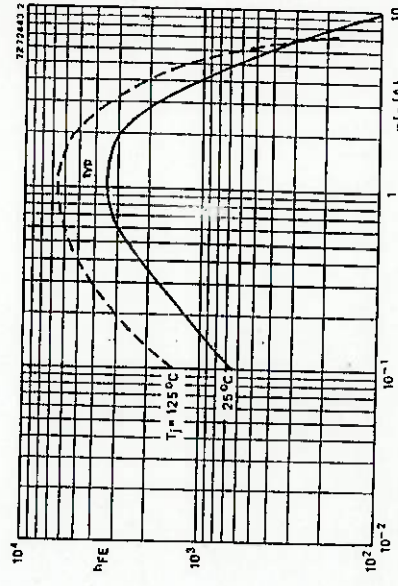


Fig. 8 D.C. current gain at $-V_{CE} = 3\text{ V}$.

SILICON DARLINGTON POWER TRANSISTORS

N-P-N epitaxial-base transistors in monolithic Darlington circuit for audio output stages and general amplifier and switching applications. TO-220AB plastic envelope. P-N-P equivalents are TIP135, TIP136 and TIP137.

QUICK REFERENCE DATA

	TIP130	TIP131	TIP132
Collector-base voltage (open emitter)	max.	80	100
Collector-emitter voltage (open base)	max.	80	100
Collector current (d.c.)	max.	8	A
Collector current (peak value); $t_p \leq 0.3$ ms	max.	12	A
Total power dissipation up to $T_{mb} = 25^\circ\text{C}$	max.	70	W
D.C. current gain			
$V_{CE} = 4\text{ V}; I_C = 4\text{ A}$		1000 to 15 000	
Collector-emitter saturation voltage			
$I_C = 4\text{ A}; I_B = 16\text{ mA}$		2	V

MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-220.

Collector connected to mounting base.

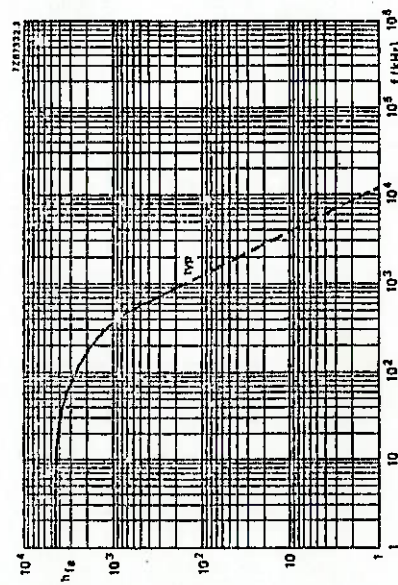
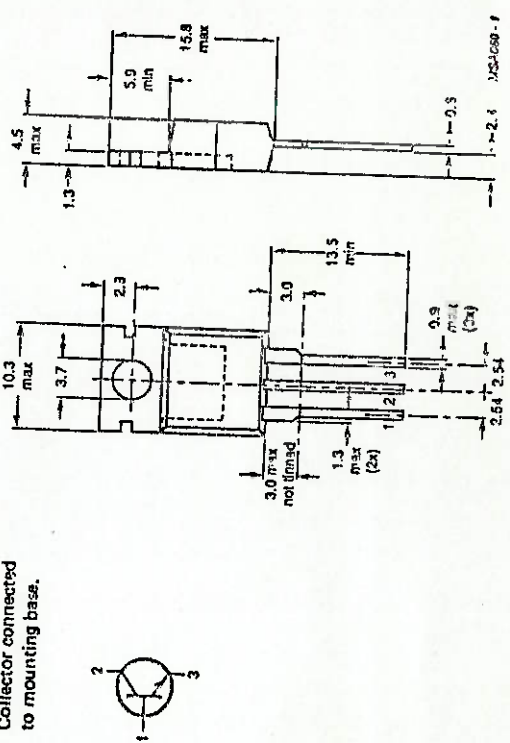


Fig. 9 Small-signal current gain at $-I_C = 3\text{ A}; -V_{CE} = 3\text{ V}; T_j = 25^\circ\text{C}$.

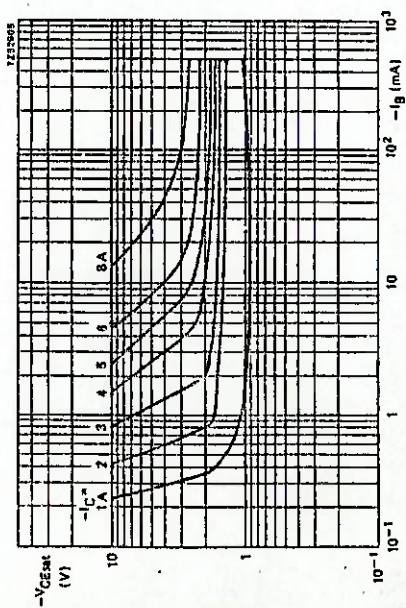


Fig. 10 Typical collector-emitter saturation voltage at $T_j = 25^\circ\text{C}$.

LM78XX Series Voltage Regulators

General Description

The LM79XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number

of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

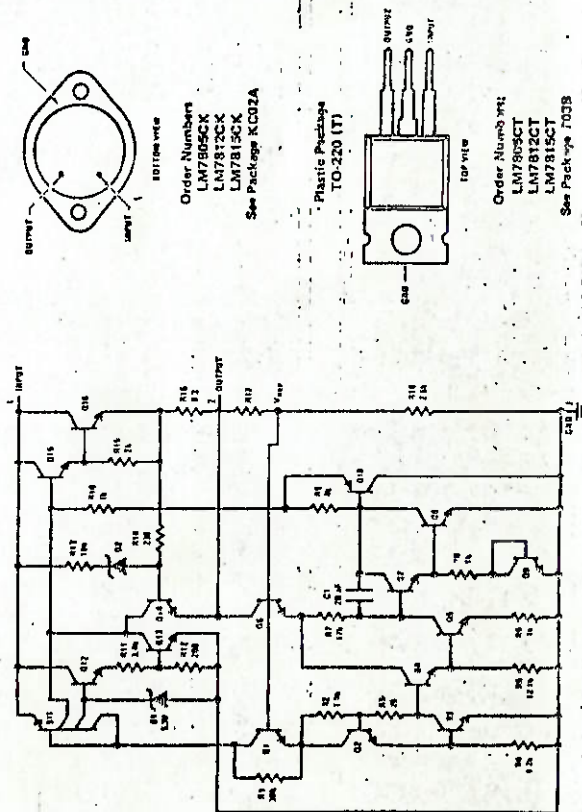
Features

- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

Voltage Range

LM7805C 5V
LM7812C 12V
LM7815C 15V

Schematic and Connection Diagrams



Order Number: LM7805CT
LM7812CT
LM7815CT

Absolute Maximum Ratings

Input Voltage (VO = 5V, 12V and 15V)	35V
Internal Power Dissipation (Note 1)	Internally Limited
Operating Temperature Range (T _A)	0°C to +70°C
Maximum Junction Temperature (K Package)	150°C
(T Package)	125°C
Storage Temperature Range	-55°C to +150°C
Load Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-3 Package X	200°C
TO-220 Package T	230°C

Electrical Characteristics LM73XXC (Note 2) 0°C ≤ T ≤ 125°C unless otherwise noted.

OUTPUT VOLTAGE		5V		12V		15V		UNITS		
INPUT VOLTAGE (unless otherwise noted)		10V		18V		23V				
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX
V _O	Output Voltage									
	T _I = 25 °C, 5 mA ≤ I _O ≤ 1 A	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6
	P _D ≤ 13W, 5 mA ≤ I _O ≤ 1 A	4.75		5.25	11.4		12.8	14.25		15.75
	V _{MIN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	(7 ≤ V _{IN} ≤ 20)		(14.5 ≤ V _{IN} ≤ 27)		(17.5 ≤ V _{IN} ≤ 30)				
ΔV _O	Line Regulation									
	I _O = 500 mA	3		50		4		120		4
	0 °C ≤ T _I ≤ +125 °C	(7 ≤ V _{IN} ≤ 25)		(14.5 ≤ V _{IN} ≤ 30)		(17.5 ≤ V _{IN} ≤ 30)				mV
	0 °C ≤ T _I ≤ +125 °C	50		120		150				mV
ΔV _O	Load Regulation									
	T _I = 25 °C	(8 ≤ V _{IN} ≤ 20)		(15 ≤ V _{IN} ≤ 27)		(18.5 ≤ V _{IN} ≤ 30)				mV
	ΔV _{IN}	(17.3 ≤ V _{IN} ≤ 20)		(14.6 ≤ V _{IN} ≤ 27)		(17.7 ≤ V _{IN} ≤ 30)				mV
	0 °C ≤ T _I ≤ +125 °C	25		60		75				mV
ΔV _O	Load Regulation									
	T _I = 25 °C	5 mA ≤ I _O ≤ 1.5 A		10		50		12		150
	250 mA ≤ I _O ≤ 750 mA	25		60		75				mV
	5 mA ≤ I _O ≤ 1 A, 0 °C ≤ T _I ≤ +125 °C	50		120		150				mV
I _O	Quiescent Current									
	I _O ≤ 1 A	3		8		8				mA
ΔI _O	Quiescent Current Change									
	I _O ≤ 1 A	8.5		8.5		8.5				mA
	5 mA ≤ I _O ≤ 1 A	0.5		0.5		0.5				mA
	T _I = 25 °C, I _O ≤ 1 A	10		1.0		1.0		1.0		mA
V _N	Output Noise Voltage									
	V _{MIN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	(7.5 ≤ V _{IN} ≤ 20)		(14.8 ≤ V _{IN} ≤ 27)		(17.9 ≤ V _{IN} ≤ 30)				V
	I _O ≤ 500 mA, 0 °C ≤ T _I ≤ +125 °C	10		1.0		1.0				mA
	V _{MIN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	(7 ≤ V _{IN} ≤ 23)		(14.5 ≤ V _{IN} ≤ 30)		(17.5 ≤ V _{IN} ≤ 30)				V
ΔV _{IN} / ΔV _{OUT}	Ripple Rejection									
	f = 120 Hz	52		55		72		54		dB
	f = 120 Hz	52		55		72		54		dB
	0 °C ≤ T _I ≤ +125 °C	(8 ≤ V _{IN} ≤ 18)		(15 ≤ V _{IN} ≤ 25)		(18.5 ≤ V _{IN} ≤ 28.5)				V
R _O	Dropout Voltage									
	Output Resistance	2.0		2.0		2.0		2.0		V
	Short-Circuit Current	8		18		19				mΩ
	Peak Output Current	2.1		1.3		1.2				A
V _{IN}	Line Regulation									
	Average I _O of V _{OUT}	2.4		2.4		2.4		2.4		A
	0 °C ≤ T _I ≤ +125 °C, I _O = 5 mA	0.5		1.5		1.3				mV/°C
	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	7.3		14.8		17.7				V

NOTE 1: Thermal resistance of the TO-220 package (K, θ_{JA}) is typically 4°C/W junction to 25°C ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (M) is typically 4°C/W junction to case and 50°C/W case to ambient.

NOTE 2: All characteristics are measured with a constant bias at the output of 0.1 μ A. All characteristics are taken at room temperature. The input and output impedances are 100 Ω and 10 $\text{k}\Omega$, respectively. The input and output voltage changes due to changes in input and output currents are 10 mV and 100 mV, respectively. The input and output voltage changes due to changes in input and output currents are 10 mV and 100 mV, respectively.

LM78LXX Series 3-Terminal Positive Regulators

General Description

The LM78LXX series of three terminal positive regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. When used as a zener diode/resistor combination replacement, the LM78LXX usually results in an effective output impedance improvement of two orders of magnitude, and lower quiescent current. These regulators can provide local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow the LM78LXX to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

Features

- Output voltage tolerances of $\pm 5\%$ (LM78LXXAC) and $\pm 10\%$ (LM78LXXC) over the temperature range
- Output current of 100 mA
- Internal thermal overload protection
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in plastic TO-92 and metal TO-39 low profile packages

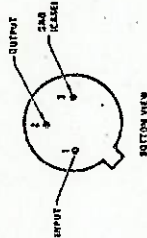
Voltage Range

LM78LD5 5V
LM78L12 12V
LM78L15 15V

The LM78LXX is available in the metal three lead TO-39(H) and the plastic TO-92 (Z). With adequate heat sinking the regulator can deliver 100 mA output current. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation, if internal power dissipation becomes

Connection Diagrams

Metal Can Package

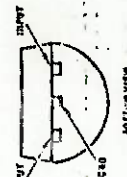


Order Numbers:

LM78LD5ACH LM78LD5CH
LM78L12ACH LM78L12CH
LM78L15ACH LM78L15CH

See Package H01G

Plastic Package



Order Numbers:

LM78LD5ACZ LM78LD5CZ
LM78L12ACZ LM78L12CZ
LM78L15ACZ LM78L15CZ

See Package 203A

