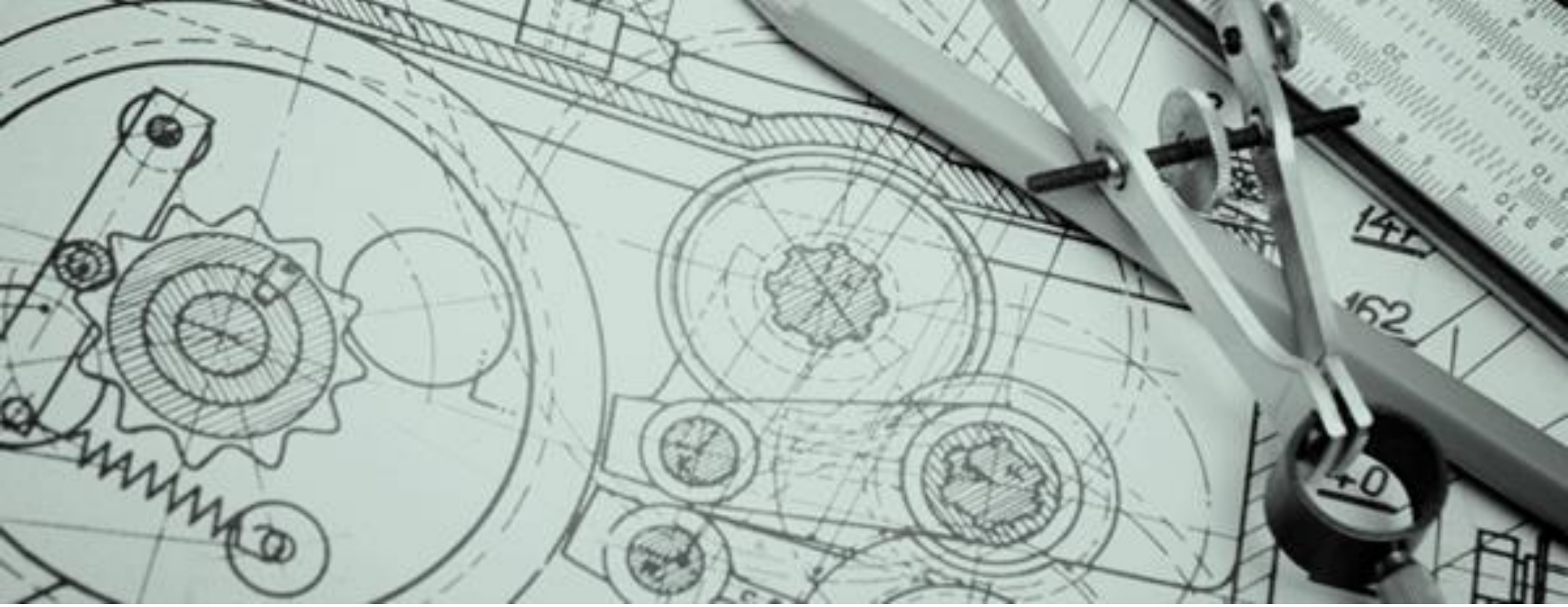
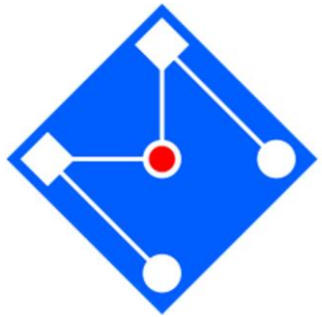


DOCUMENTAÇÃO ELETRÔNICA
PMR 3403

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECATRÔNICA

Arturo Forner-Cordero [aforner@usp.br]

DOCUMENTAÇAÕ DO PROJETO



Possível estrutura:

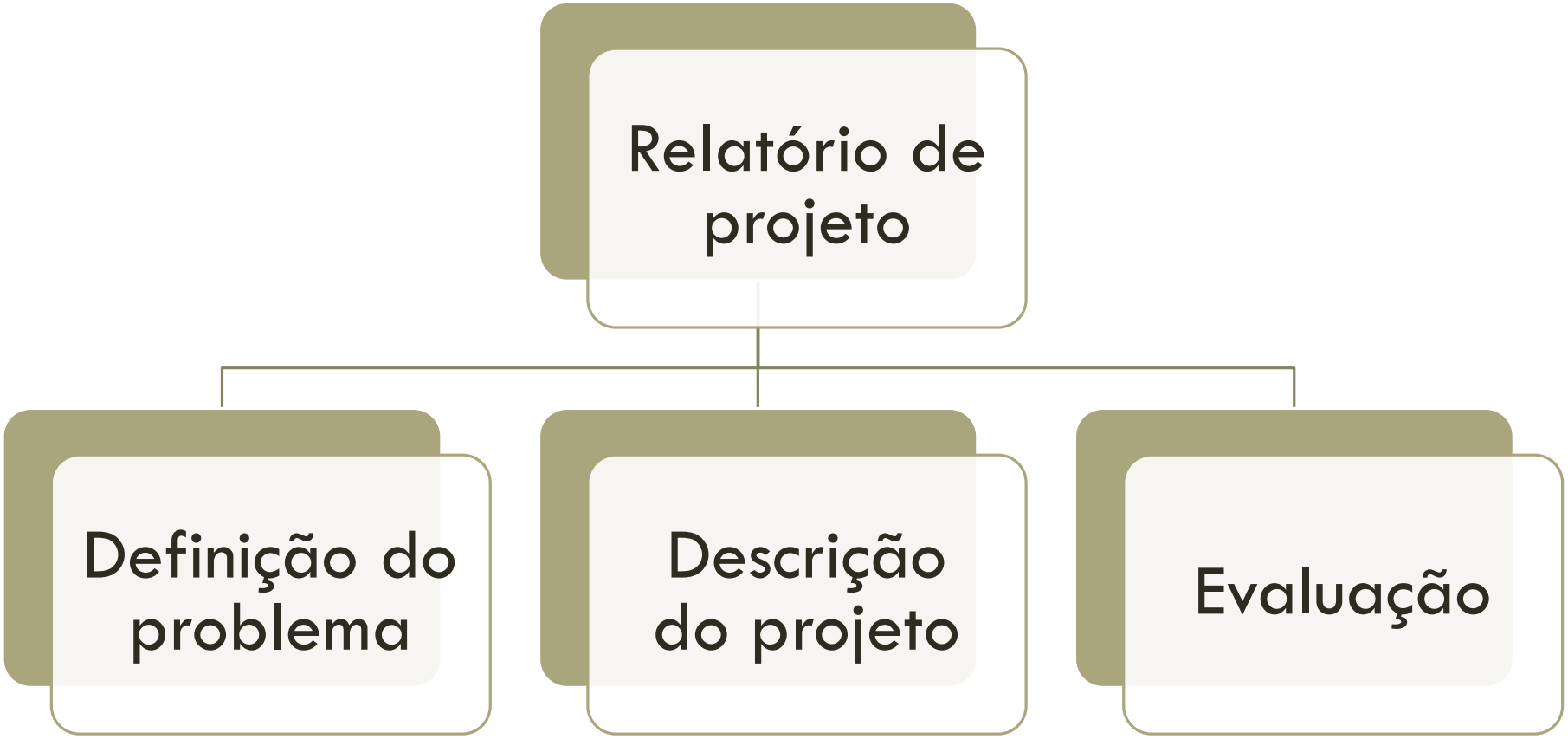
1. Descrever o problema que foi ressolvido e apresentar os antecedentes do projeto.
2. Apresentar o projeto (design)
3. Evaluação do desempenho em comparação com os requisitos de projeto
4. Adicionalmente incluir Manual de Uso ou/e reparação

Recomenda-se começar com um sumário executivo curto apresentando as três seções.

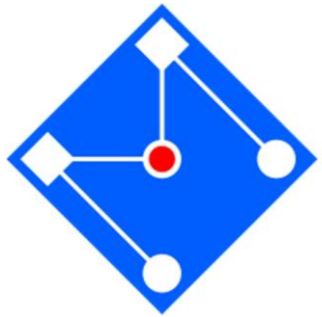
Recomenda-se escrever um relatório curto e focado a explicar o projeto.

Detalhes podem ser apresentados nos Apendices.

DOCUMENTAÇÃO



DOCUMENTAÇÃO ELETRÔNICA



1. Titulo
2. Especificações do circuito
3. Descrição do circuito
   - Funcionamento do circuito
   - Calculos e escolhas de componentes
   - Diagrama de blocos
4. Esquemático. Software de projeto eletrônico
5. Placa de circuito impresso
6. Lista de materiais
7. Construçaõ final
8. Testes de validação

Muitos destes aspectos estão resolvidos co a utilização de um software de projeto eletrônico

Free EDA software:

DipTrace

KiCAD

Eagle

TITULO

Titulo do projeto eletrônico

Organização (e.g. EP USP)

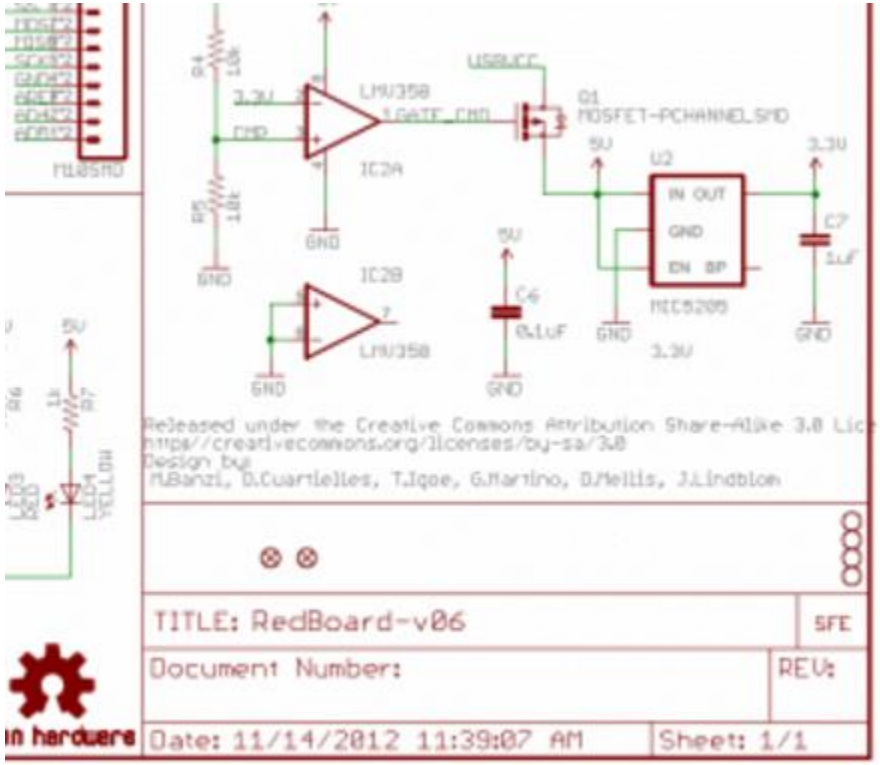
Nomes dos projetistas

Numero de projeto

Versão

Data

Informação para identificar o projeto.



ESPECIFICAÇÕES DO CIRCUITO



O primeiro a ser lido. Deve responder as seguintes questões:

Que faz o circuito?

Que é diferente, novedoso deste projeto?

Quais são as restrições de funcionamento?

Exemplo (projetos de circuitos prontos de Digikey www.digikey.com)

ESPECIFICAÇÕES: RESUMO E CARACTERISTICAS

RDK-BLDC: 3-Ph BLDC, 32Bit Motor Control, 14A

Summary

The Brushless DC Motor Control Reference Design Kit (RDK-BLDC) is a four-quadrant motor control for three-phase brushless DC motors rated at up to 36 V. Key features of the RDK include complete CAN and Ethernet communications interfaces, a powerful 32-bit Stellaris microcontroller, and embedded software to optimally control a wide range of motors in diverse applications.

Stellaris Reference design kits (RDKs) accelerate product development by providing ready-to-run hardware, a typical motor, and comprehensive documentation including hardware design files. Designers without prior motor control experience can successfully implement a sophisticated motor control system using the RDK-BLDC.

Integrated 10/100 Ethernet connects the RDK-BLDC to an array of network options—from dedicated industrial networks to worldwide control and monitoring over the internet.

Features

- **Advanced motor control for three-phase brushless DC motors**
- **Four quadrant operation**
- **Hall Effect, Quadrature, and Sensorless operation modes**
- **Flexible RDK platform accelerates integration process**
- **On-board braking circuit**
- **Incremental quadrature encoder input**
- **Analog and digital control inputs**
- **Test mode push-button**
- **Status LEDs indicate Power, Run, and Fault conditions**
- **Optional power-managed fan for forced-air cooling**
- **Screw terminals for all power and signal wiring**

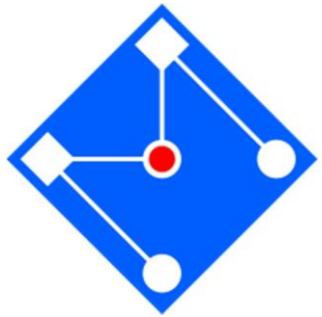
ESPECIFICAÇÕES GERAIS



Specifications

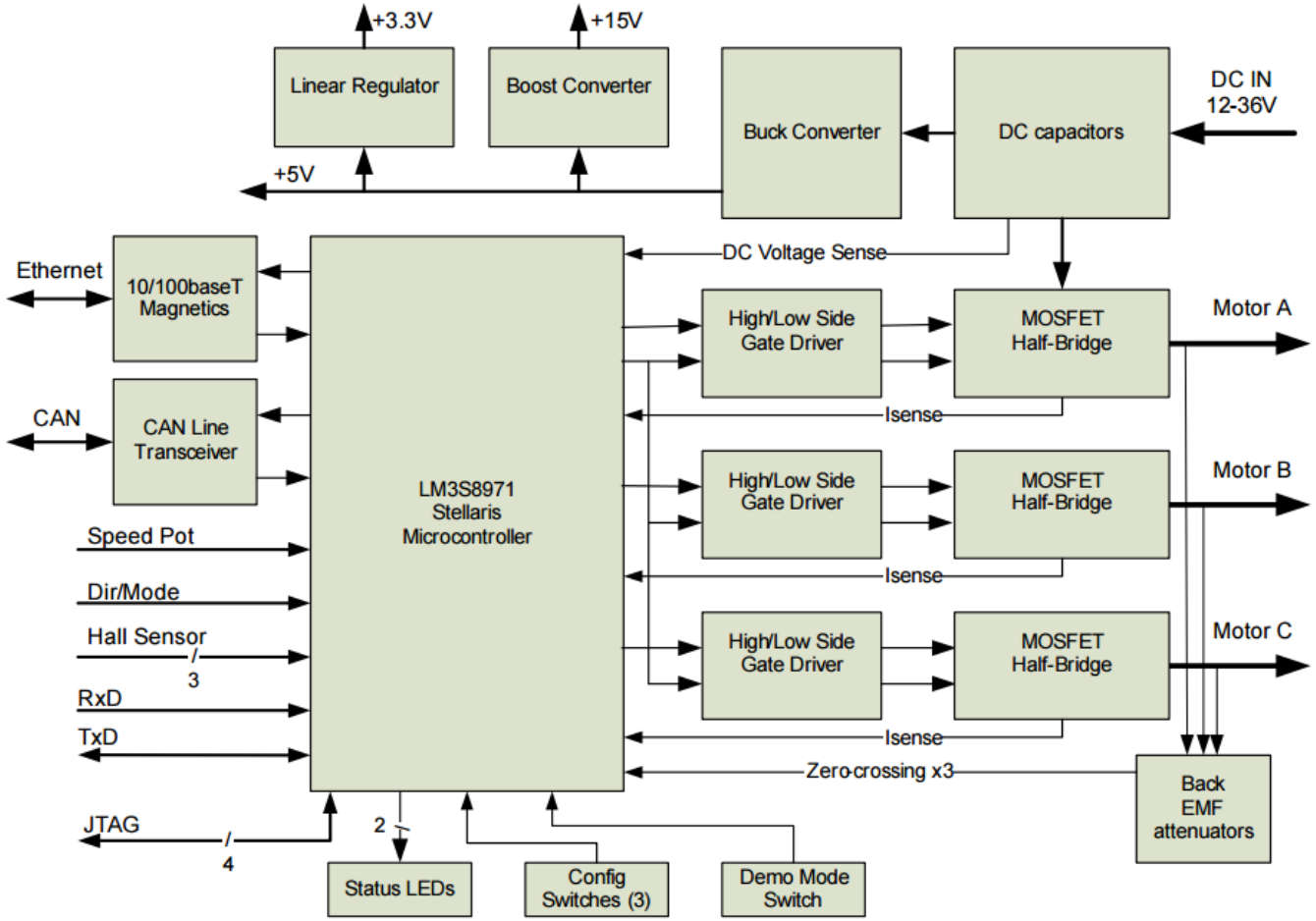
Manufacturer	Texas Instruments
Category	Motor Control
Eval Board	-
Voltage In	12 ~ 36 V
Number of Drivers	1
Motor Type	3-Phase, BLDC 3-Phase, BLDC, Sensorless
Power / Current Out	14 A
Features	CAN Bus Ethernet Connection Fault Indication GUI / Design Software Hall Input Status Indication
Component Count + Extras	159 + 15
Application / Target Market	White Goods
Design Author	Texas Instruments
Main I.C. Base Part	LM3S8971

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO



- Funcionamento do circuito. Descrição funcional
  - Descrição mais detalhada do funcionamento do circuito
- Calculos e escolhas de componentes
  - Calculos de parámetros
  - Possíveis valores ajustáveis (e.g. resistor de ganho em circuitos de amplificação=
- Diagrama de blocos
  - Blocos funcionais
  - Estrutura hierarquica

DIAGRAMA DE BLOCOS



Copyright © 2007–2010 Texas Instruments

ASPECTOS CRITICOS NA DOCUMENTAÇÃO DE CIRCUITOS



Diagrama do circuito

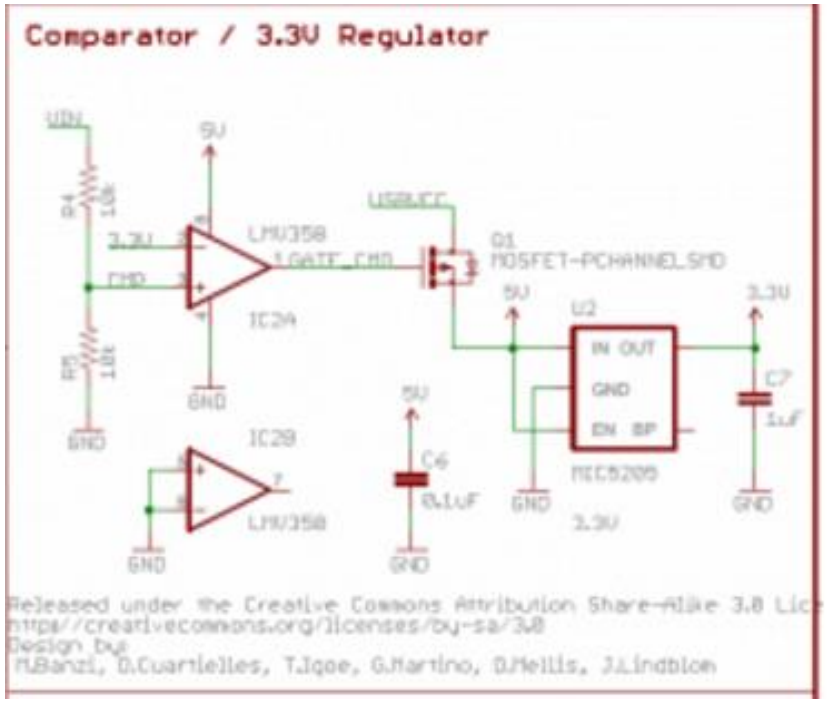
O projeto da placa de circuito impresso (PCB. Printed Circuito Board)… Especificações

Lista de componentes (Bill Of Materials)… Orçamento do circuito

Arquivos de fabricação da placa: (arquivos Gerber)

DIAGRAMA DO CIRCUITO

O diagrama do circuito representa os componentes e as conexões entre eles.

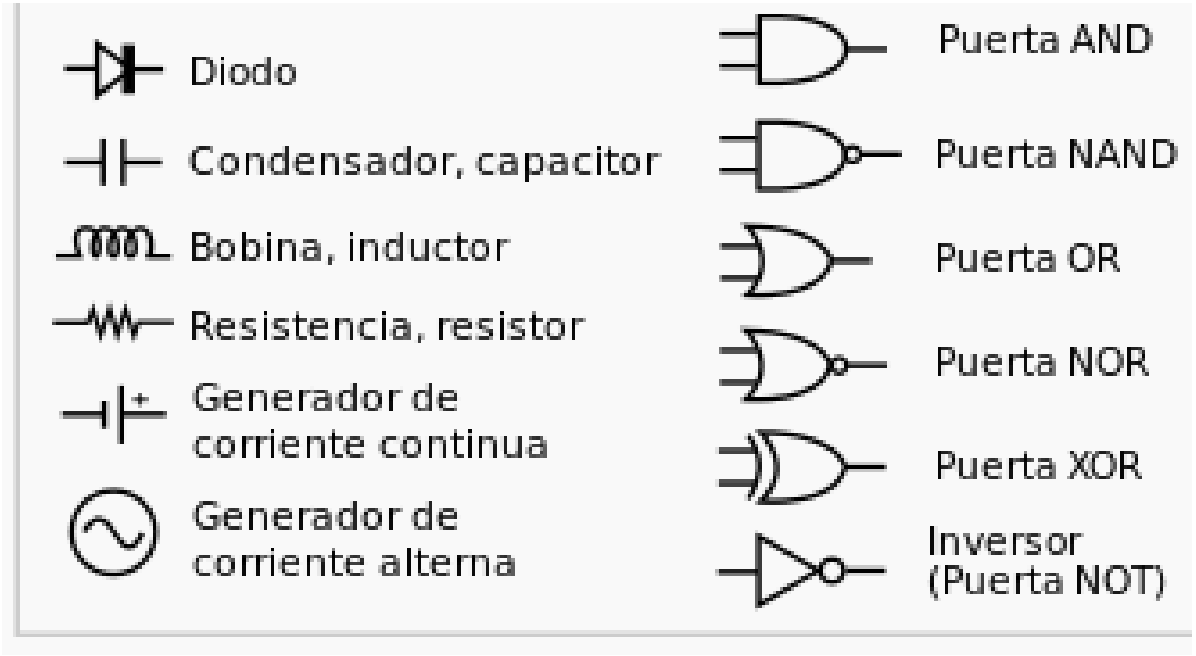


É importante:

- Compreensão do funcionamento do circuito
- Modificações ou mudança de componentes
- Reparação

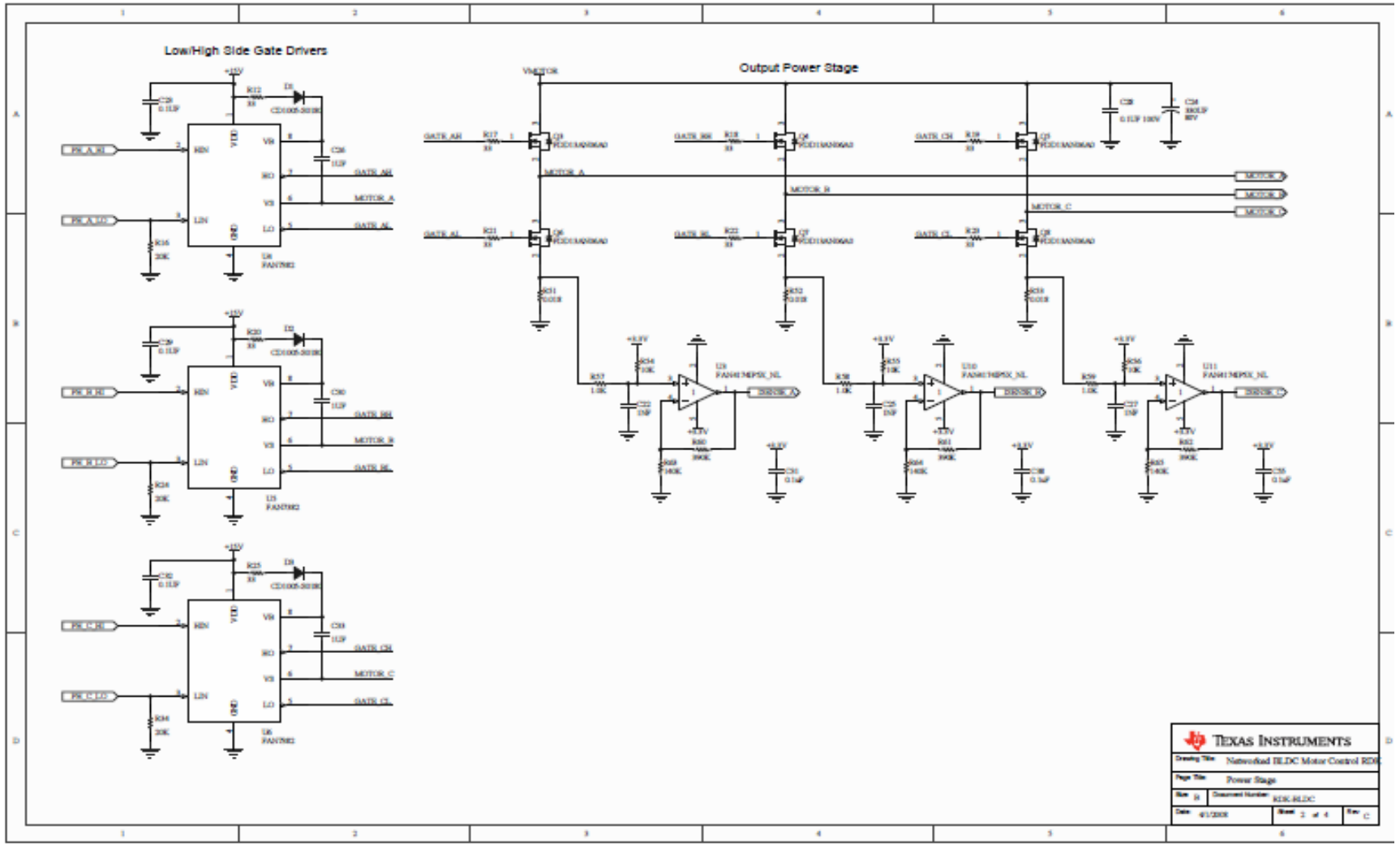
NOTA: É possível fazer “engenharia reversa” sob uma placa de circuito impresso mas é muito trabalhoso e fonte de erros

SIMBOLOS ESQUEMÁTICO



http://www.simbologia-electronica.com/simbolos-electricos-electronicos/simbolos-electronicos.htm

ESQUEMÁTICO



Copyright © 2007–2010 Texas Instruments

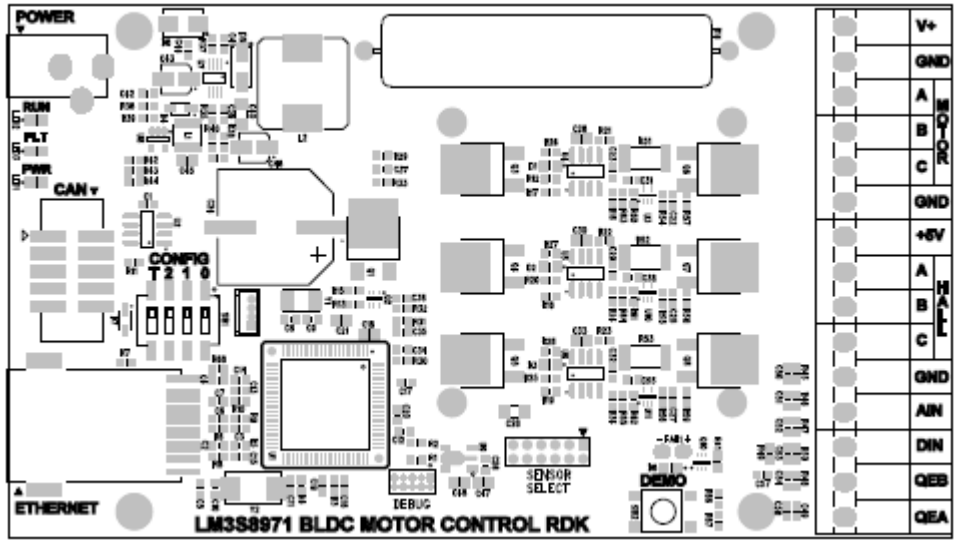
PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

O diagrama da placa de circuito impresso mostra os componentes e pistas do circuito.

Utilizam-se codigos de cores e texto.

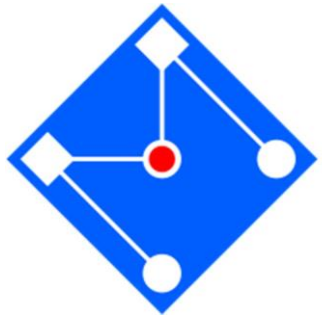
O software de projeto de placas de circuito impresso pode gerar:

- As camadas de pistas com os pinos dos componentes
- Camada de componentes



Copyright © 2007–2010 Texas Instruments

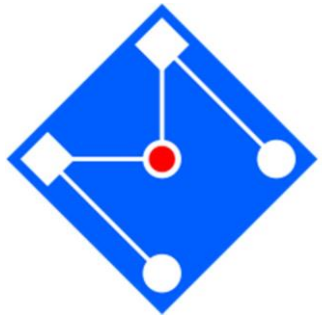
LISTA DE MATERIAIS



Lista de componentes necessários para fabricar a placa.

The Bill-Of-Materials is a parts list, telling you what parts are needed to make the board. There are usually some notes associated with the BOM - such as "R1: do not fit this part". Again, a competent electronics person can take a board and generate a BOM from it, but it will certainly not be accurate - and it will take a lot of work. Many surface mount parts do not contain complete labelling, and finding what parts were used for surface mount is difficult.

ARQUIVOS DE FABRICAÇÃO



Os arquivos de fabricação são normalmente fornecidos pelo programa CAD de projetos eletrônicos (DipTrace, Eagle, KiCAD, OrCAD,...)

Os arquivos Gerber são comummente usados para fabricar placa.

É importante especificar:

1. Tamanho da placa
2. Mounting holes
3. Revisões e notas. Incluir a data junto ao numero de revisão.
4. Pode ser importante explicar o que o circuito faz, p.

EXEMPLO: SENSOR DE PRESSÃO



Airborn Electonics (http://airborn.com.au/client/jdickens/psensor.html)

O circuito deve alimentar e acondicionar o sinal de um sensor de pressão:

- Especificações de níveis de tensão e corrente de entrada e de tensão de saída
- Especificações de largura de banda
- Alimentação +5V.

Cero e faixa de saida ajustável com um potenciómetro de 10 voltas

O sensor usa 4 terminais estándar do ponte de wheatstone bridge

PROJETO DO CIRCUITO



O circuito será montado a mais de 2 metros da CPU que dispõe de cartão para conversão Analógico-Digital A/D

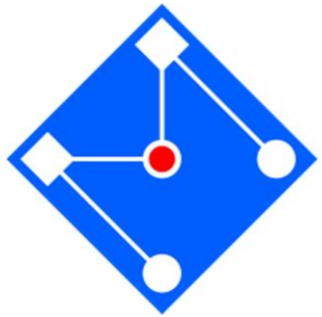
-Não é necessário implementar a conversão A/D na placa

É importante acondicionar o sinal de báixo nível fornecido pelo sensor de pressão para que chegue em boas condições

O sensor de pressão precisa receber uma tensão de excitação estável para fornecer medidas confiáveis:

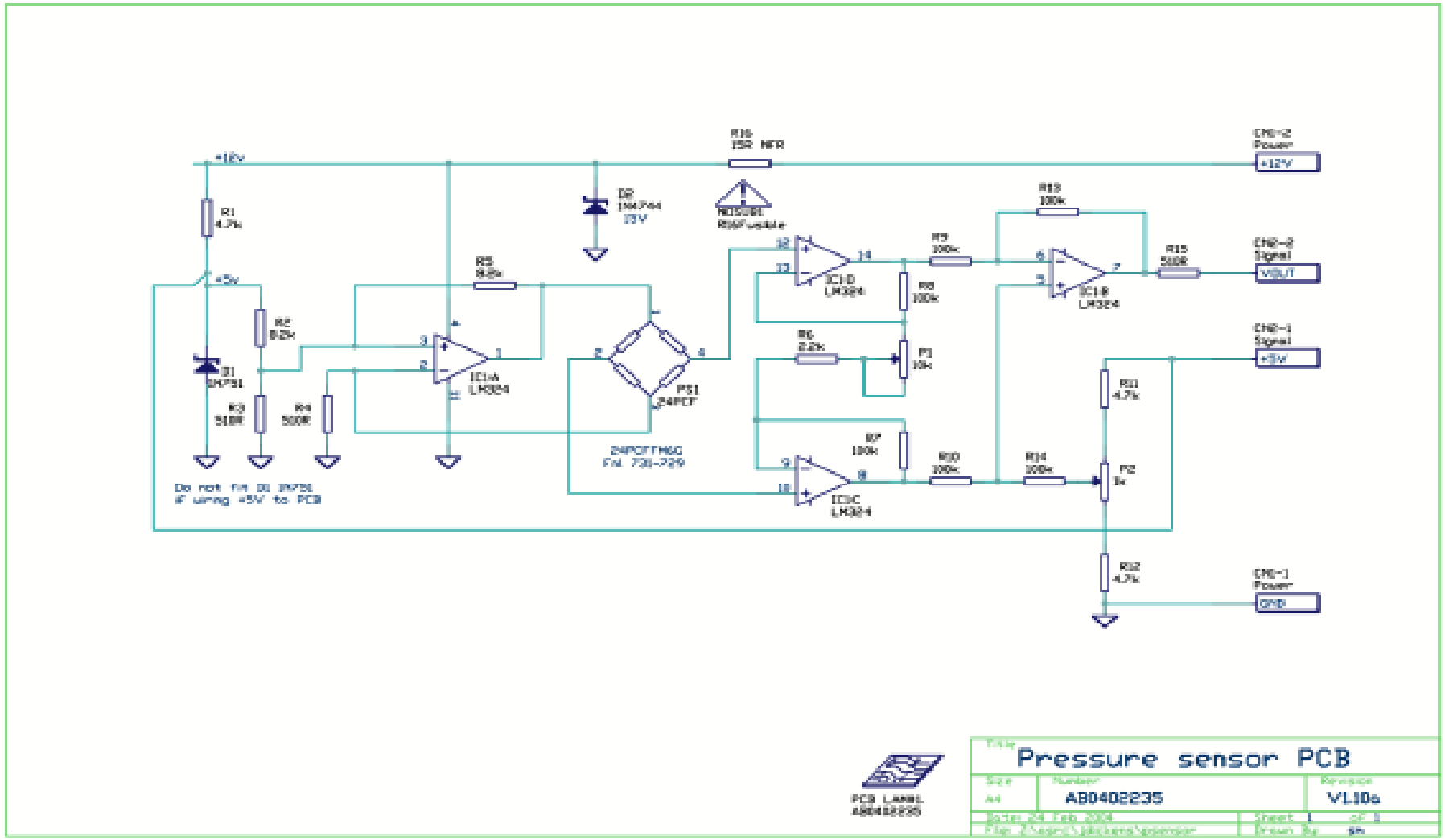
- Desde a CPU ou de A/D Board (+5V)
- Usar zener localemnte
- Alimentação a 4 fios.

PROJETO DO CIRCUITO



1. Alimentação do sensor: Amplificador operacional LM324 (IC1:A)
2. Condicionamento: Amplificação e filtragem com aplificador de instrumentação estándar de tres amplificadores ioeracionais. (Ref Horowit z& Hill, Art of Electronics, 2nd Ed, 7.10).
3. Modificação : o cero e o ajuste de faixa é realizado por meio da tensão de excitação do sensor de pressão.
4. Proteção de alimentação com D2 e R16:
   - Abrirá o circuito se é invertida a polaridade da alimentação ou se houver sobretensão (esperamos que dê porteção ao resto do circuito.

DIAGRAMA DO CIRCUITO



Fonte: Airborn Electonics (http://airborn.com.au/client/jdickens/psensor.html

LISTA DE COMPONENTES



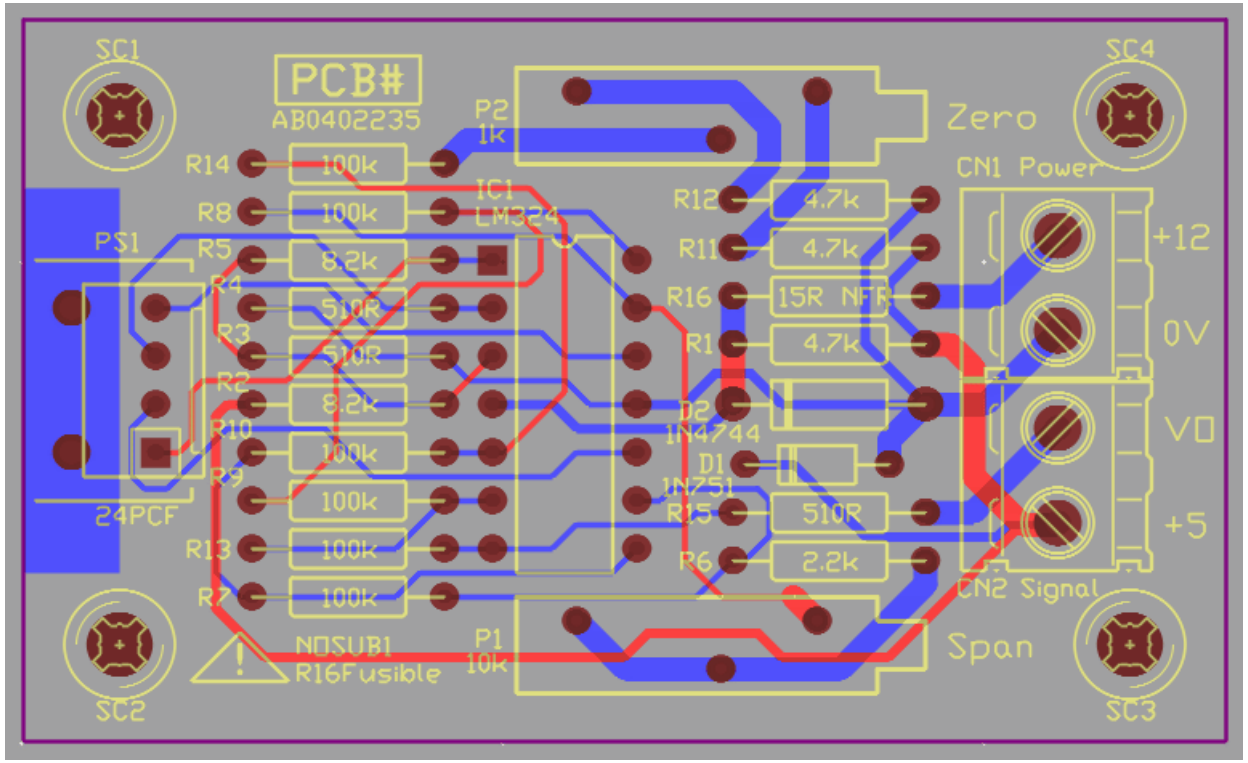
CN1	Power	TBLK5MM/2	Z5W3-K2T	P2032A HM3130 135-7318
CN2	Signal	TBLK5MM/2	Z5W3-K2T	P2032A HM3130 135-7318
D1	1N751	DIODE7.5	Z400-5V1	Z0314
IC1	LM324	DIP14		
NOSUB1	R16Fusible	NOSUB/NOTE		
P1	10k	VR10TURN		
P2	1k	VR10TURN		
PCB LAM#	AB0402235	PCLAMINATE	AB0402235	
PS1	24PCF	SIP4HDR	NU49-L4V	P5494 HM3414 167-5766
R1	4.7k	AXIAL10	CR25-472	
R11	4.7k	AXIAL10	CR25-472	
R12	4.7k	AXIAL10	CR25-472	
R2	8.2k	AXIAL10	CR25-822	
R14	100k	AXIAL10	CR25-104	R0070
R16	15R NFR	AXIAL10	NF25-150	
SC1		SCREWPOZI3	LOPZ-U3Z	H3126A HP0404
SC2		SCREWPOZI3	LOPZ-U3Z	H3126A HP0404

Fonte: Airborn Electonics (http://airborn.com.au/client/jdickens/psensor.html

PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

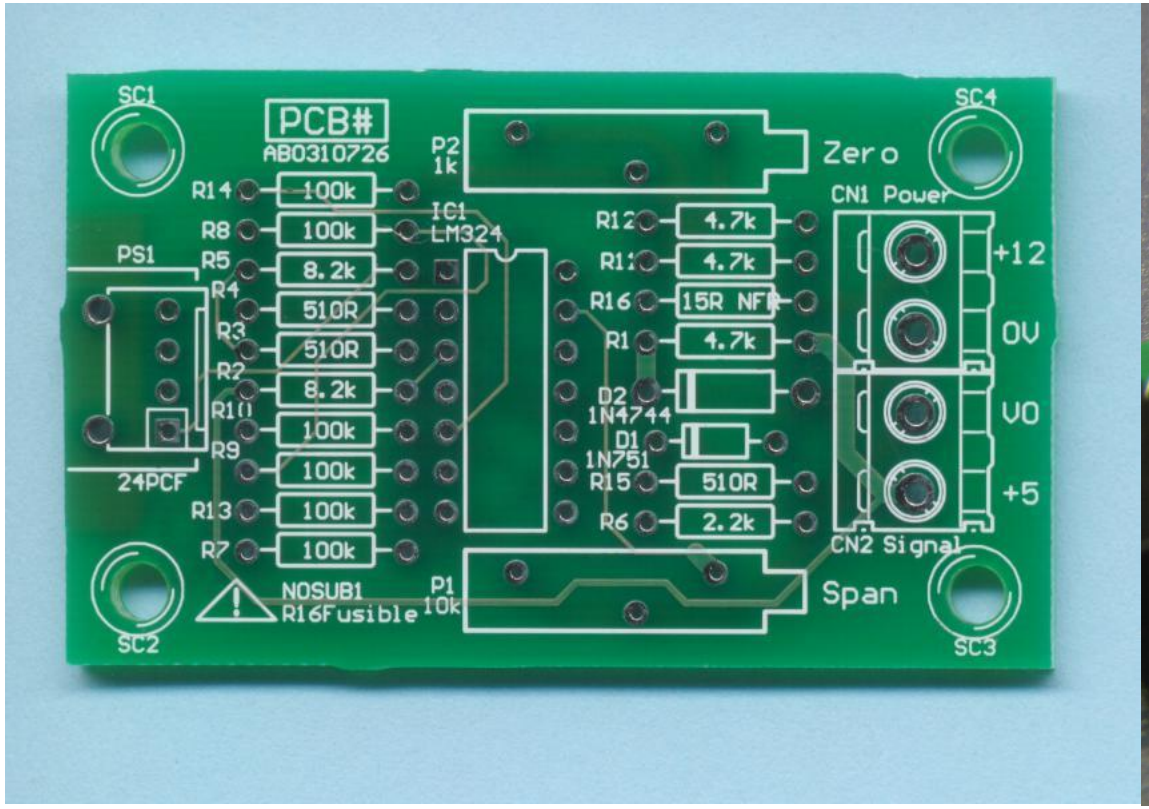
PCB size	H	W	H x W
Metric	38.1mm	63.5mm	2419mm2
Inches	1.500in	2.500in	3.75in2
Corner holes	27.9mm	53.3mm	

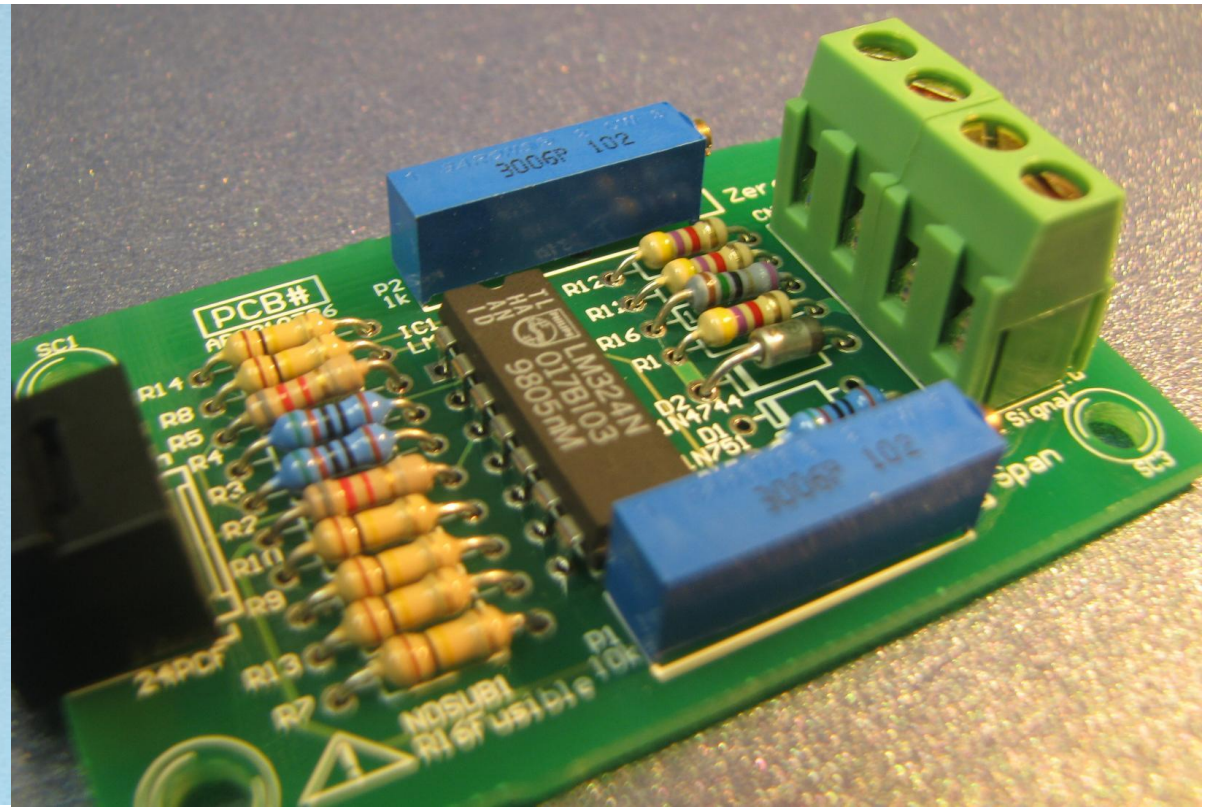
Diameter of holes: 3.5mm



Fonte: Airborn Electonics (http://airborn.com.au/client/jdickens/psensor.html

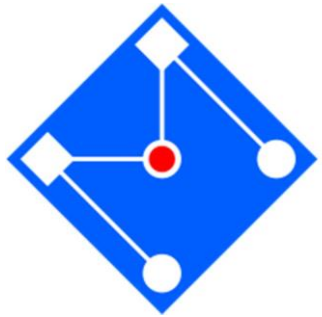
CIRCUITO FINAL





Fonte: Airborn Electonics (http://airborn.com.au/client/jdickens/psensor.html

EXEMPLO DE DOCUMENTAÇÃO INCOMPLETA



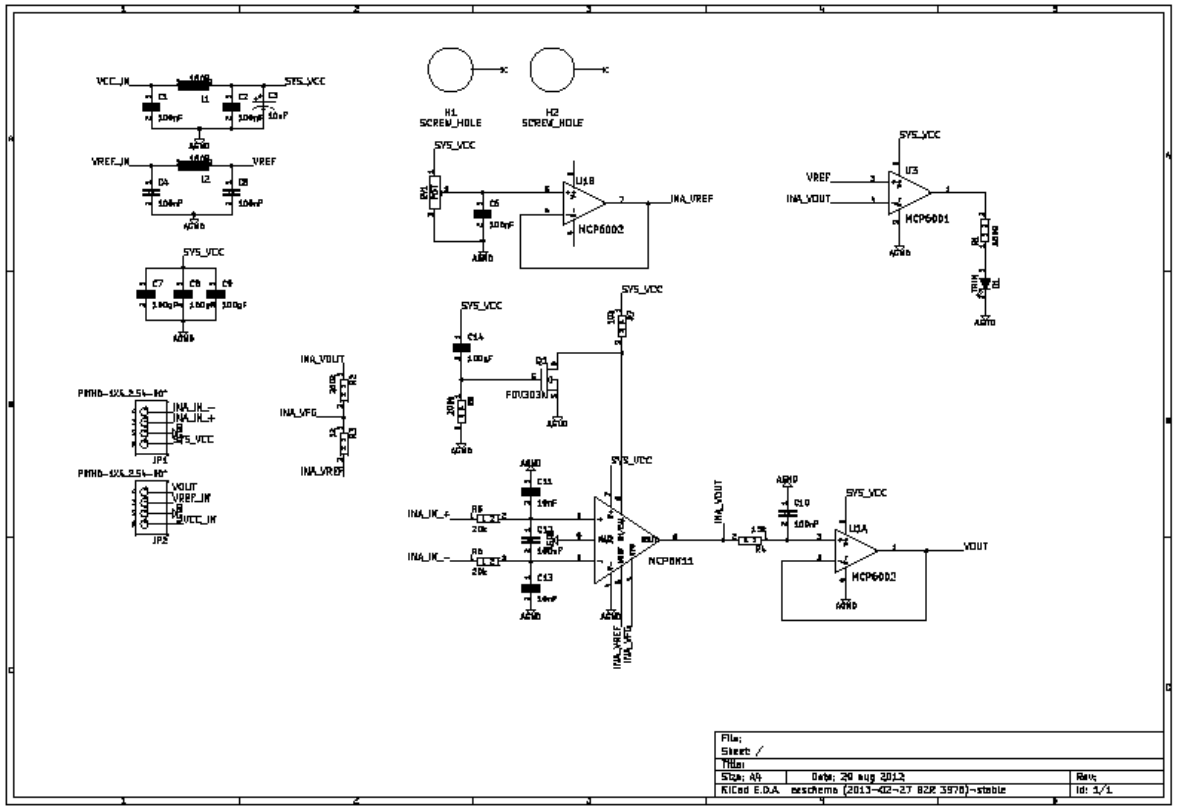
Amplificador para exoesqueleto.

Teremos uma célula de carga formada por quatro extensómetros em ponte de Wheatstone montadas sob a estrutura mecânica do exoesqueleto.

O circuito vai estar próximo do sensor:

Dimensões máximas ca placa

PROJETO ELETRÔNICO: DIAGRAMA DO CIRCUITO

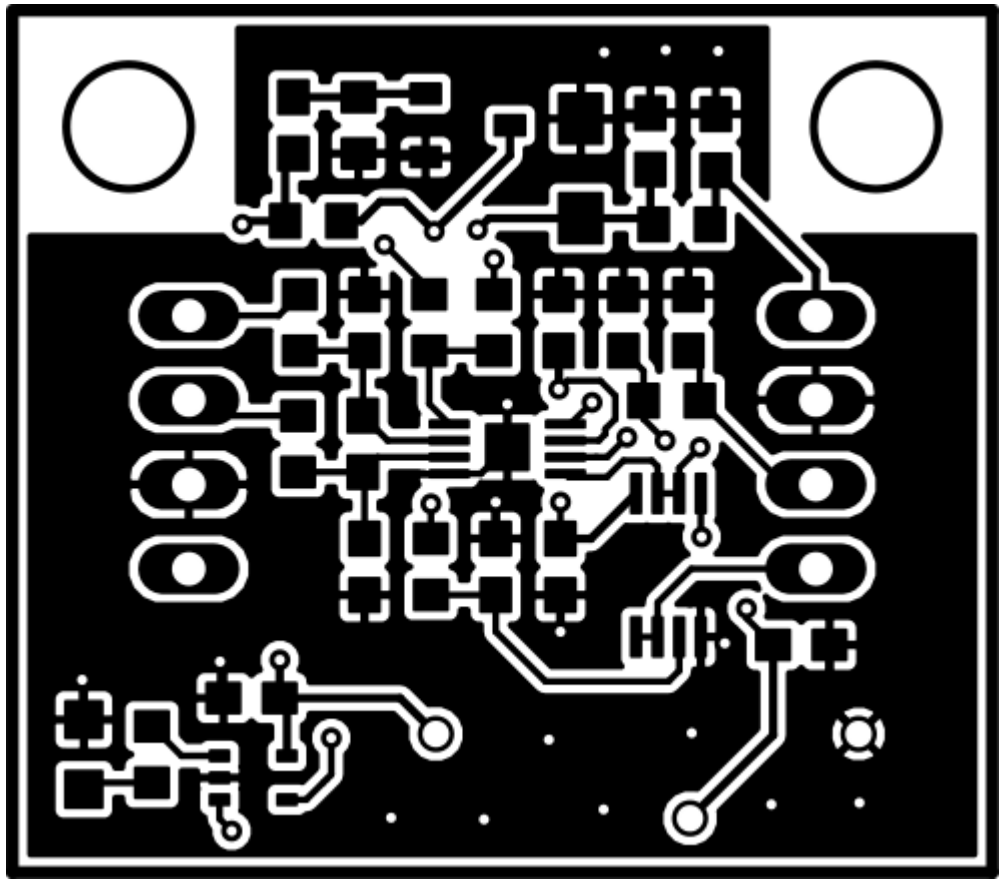


Esquemático Elétrico

Identificar elementos:

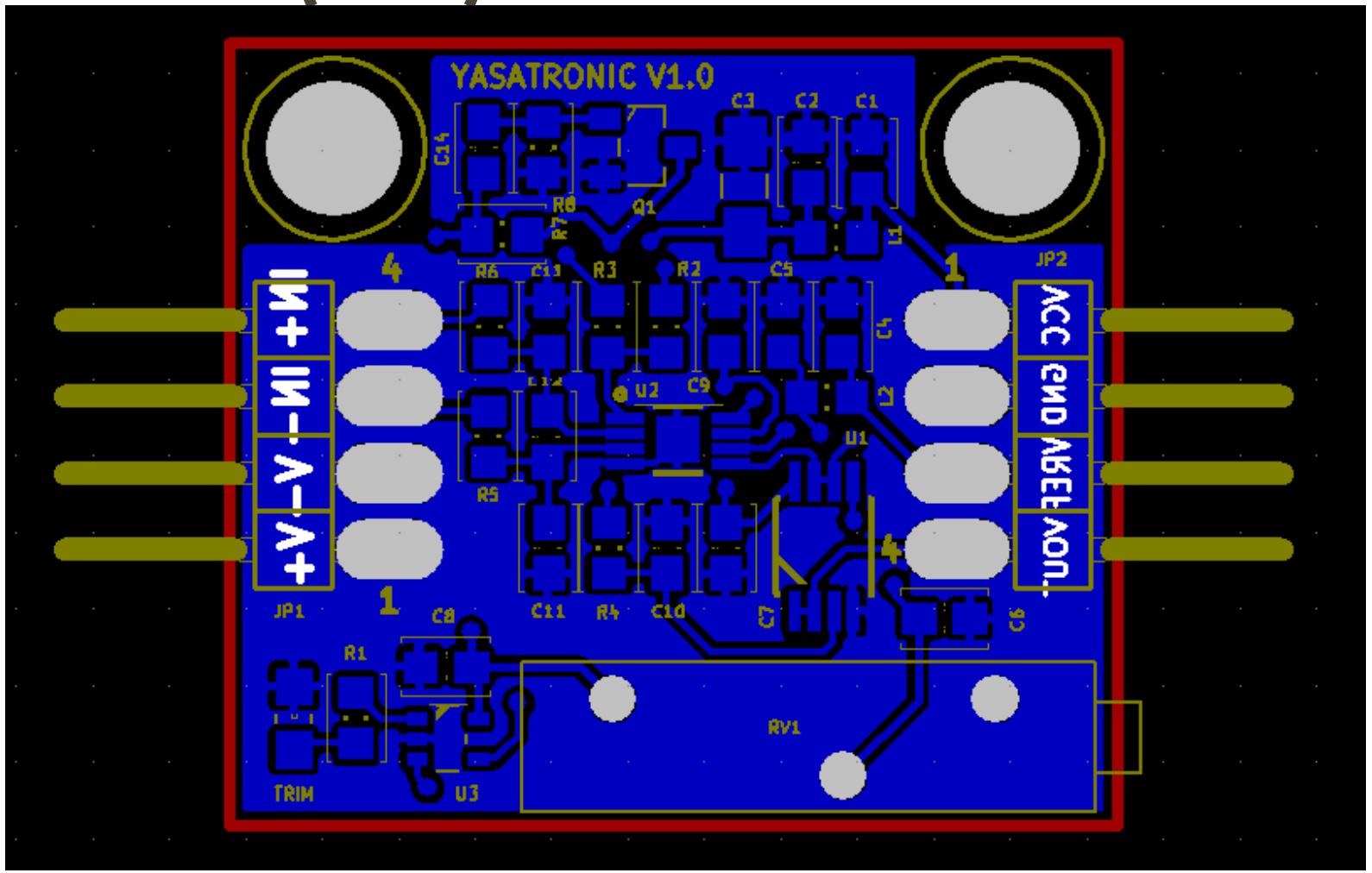
1. Modulo amplificador
   - Baseado em integrado comercial
2. Filtro passa-baixas ordem 1
   - Filtro anti-aliasing (R-C)
3. Comparador com LED
4. Gerador de tensão de referencia (ampop em modo seguidor)
5. Referencia da alimentção

PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO



Roteamento

FABRICAÇÃO DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI)



- Arquivos Gerber

LISTA DE MATERIAIS (BILL OF MATERIALS)



Identificação	Navegador *	Pacote	Quantidade	Designação
1	R6,R5	rcl-R0603	2	20k
2	C13,C11	rcl-C0603	2	10nF
3	C12,C2,C4,C5,C6,C7,C8,C9,C10,C1,C14	rcl-C0603	11	100nF
4	U3	sc70-5	1	MCP6001
5	C3	rcl-SMC_A	1	10uF
6	R4	rcl-R0603	1	15k
7	R3,R7	rcl-R0603	2	1k
8	R2,R8	rcl-R0603	2	200k
9	R1	rcl-R0603	1	560R
10	L2,L1	rcl-L0603	2	180R
11	U1	MSOP_8	1	MCP6002

- Centroídes XY

# Ref	Val	Package	PosX	PosY	Rot	Side
C1	100nF	rcl-C0603	86.6775	-66.4718	90.0	Front
C2	100nF	rcl-C0603	84.7039	-66.4413	90.0	Front
C3	10uF	rcl-SMC_A	82.6110	-67.2592	90.0	Front
C4	100nF	rcl-C0603	85.8495	-71.8998	90.0	Front
C5	100nF	rcl-C0603	83.8987	-71.8998	90.0	Front
C6	100nF	rcl-C0603	89.2505	-81.6000	0.0	Front
C7	100nF	rcl-C0603	81.9988	-79.2505	270.0	Front
C8	100nF	rcl-C0603	72.6999	-83.2002	180.0	Front
C9	100nF	rcl-C0603	81.9506	-71.8998	90.0	Front
C10	100nF	rcl-C0603	80.0506	-79.2480	270.0	Front
C11	10nF	rcl-C0603	76.1009	-79.2505	90.0	Front
C12	100nF	rcl-C0603	76.0501	-75.5498	90.0	Front
C13	10nF	rcl-C0603	76.1009	-71.8998	90.0	Front

Montagem Automatizada da Placa

ERROS DE DOCUMENTAÇÃO



Faltou documentar as especificações de forma mais clara

Não foi explicado o projeto do circuito:

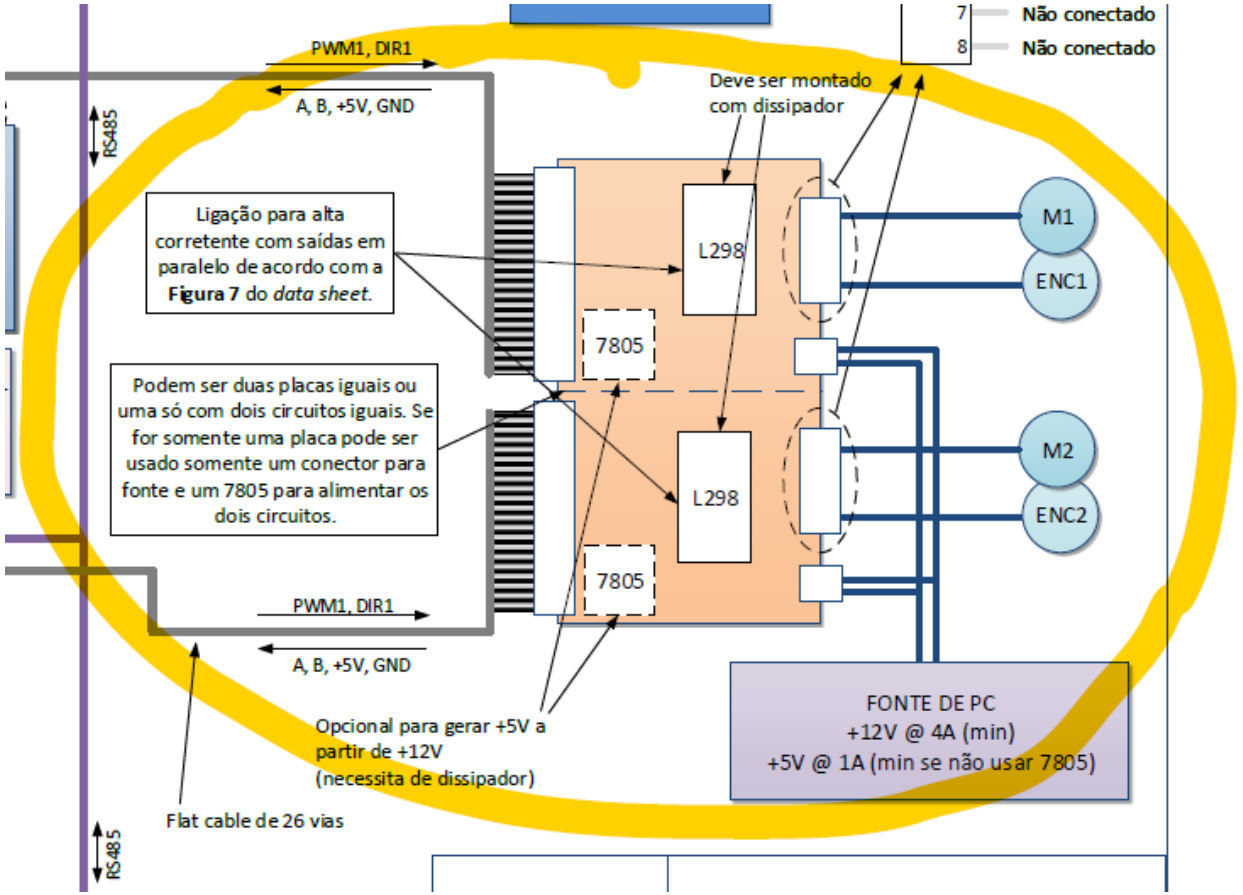
- Eu tive que interpretar o que foi feito

Não foram explicados os testes de validação

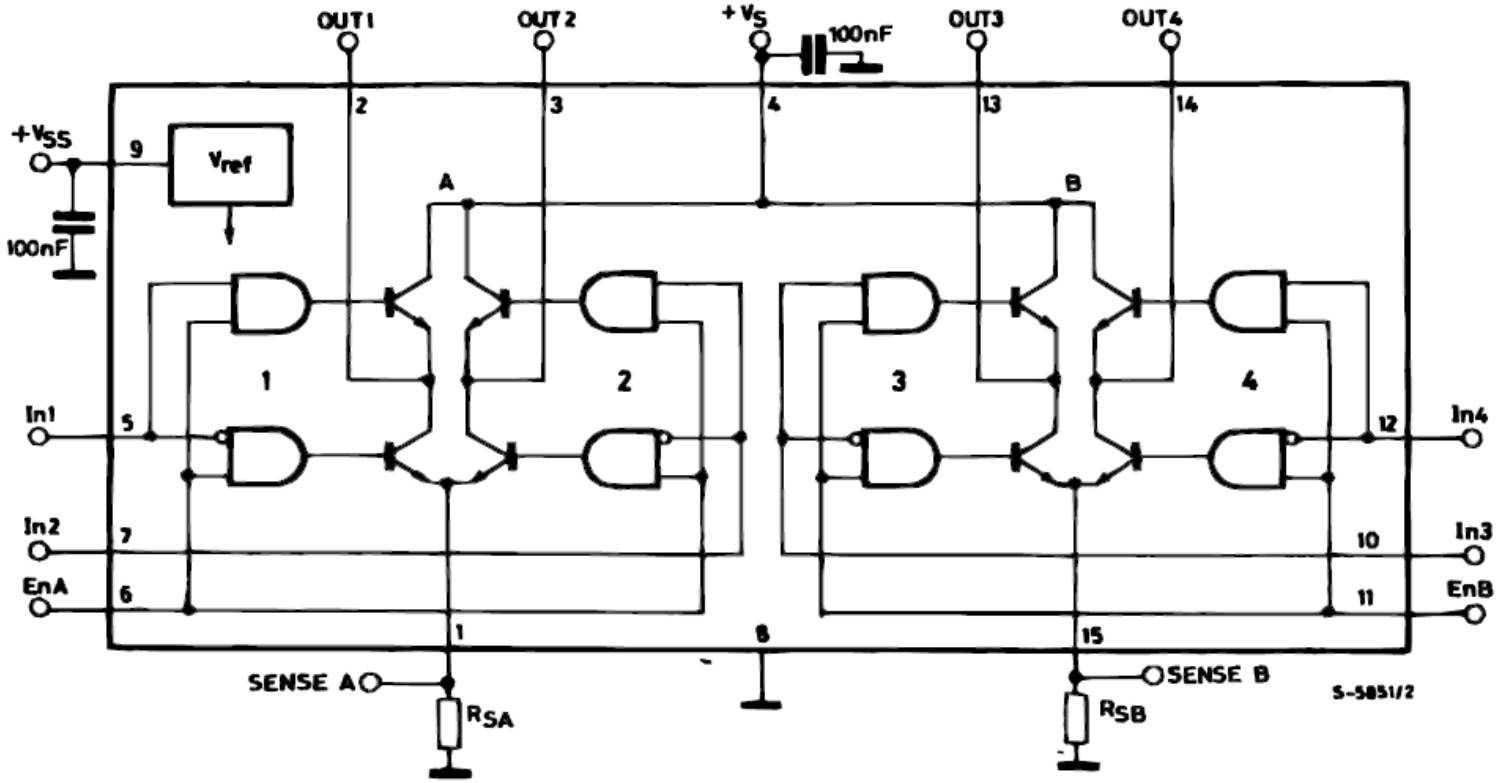
Não foram explicados os procedimentos para o uso do circuito:

- Temos um potenciómetro
- Temos um LED
- De fato: tem que ajustar o offset da célula de carga para conseguir apagar o LED, mas esto não foi explicado.

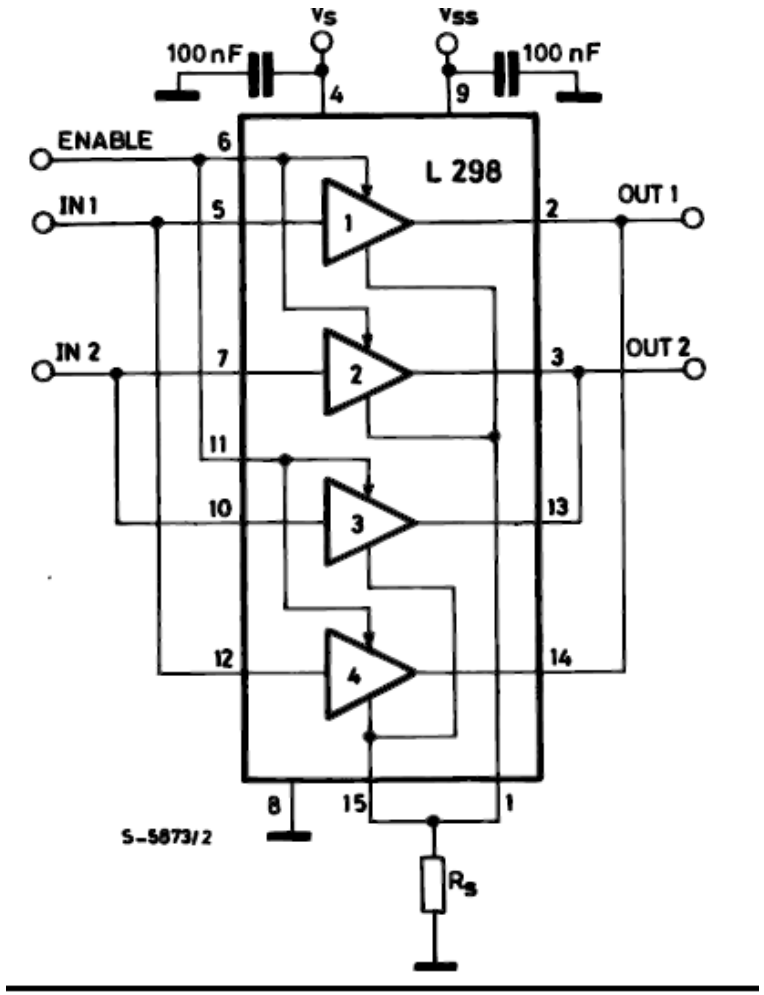
PI7. CONEXÕES



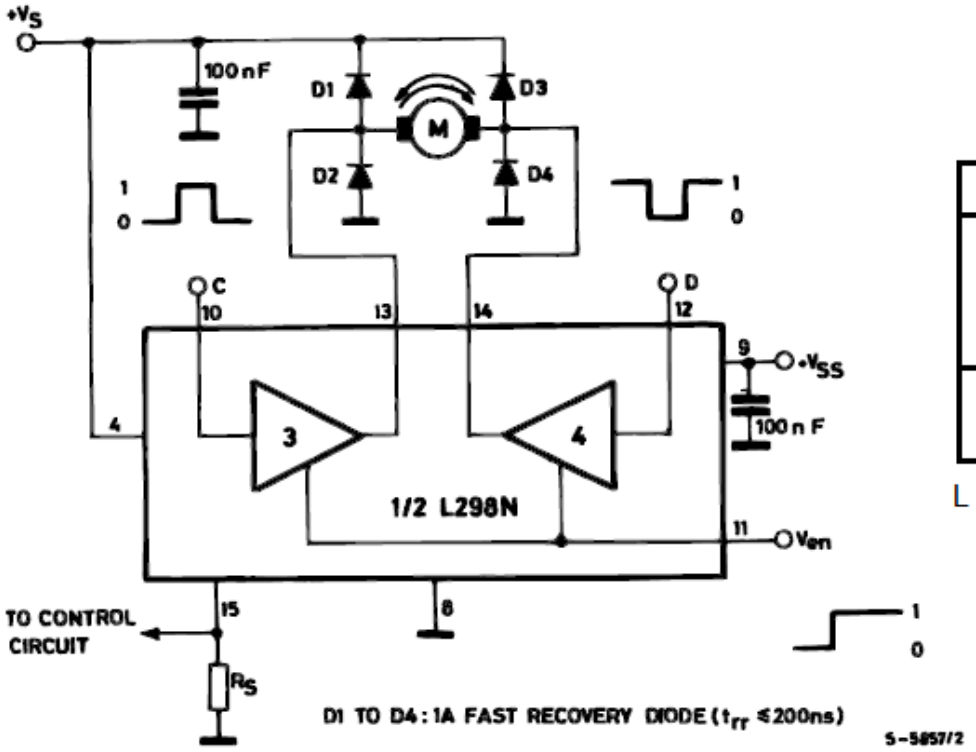
DRIVER L298


OUT1
OUT2
+Vs
100nF
OUT3
OUT4
+Vss
9
Vref
100nF
A
B
2
3
4
13
14
1
2
3
4
In1
5
12
In4
In2
7
10
In3
EnA
6
11
EnB
1
8
15
SENSE A
RSA
SENSE B
RSB
S-5851/2

DRIVER L298. ENTRADAS PARALELAS



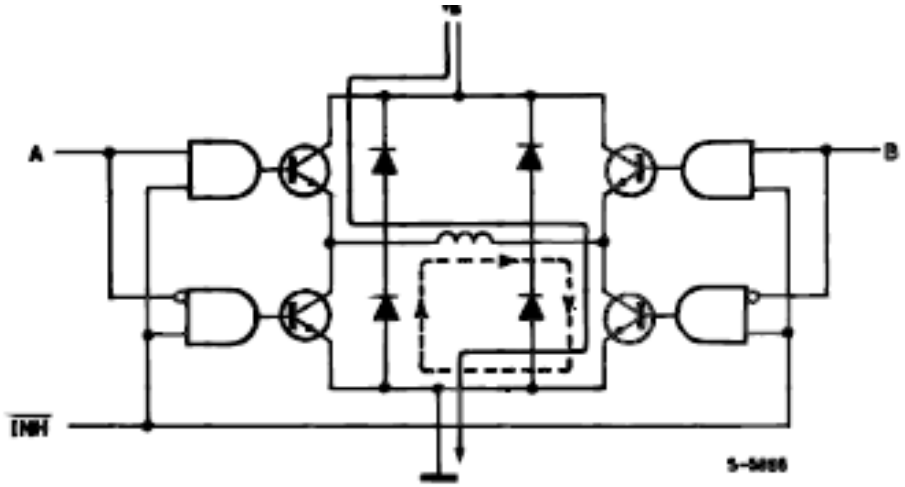
CONEXÕES PWM E DIR

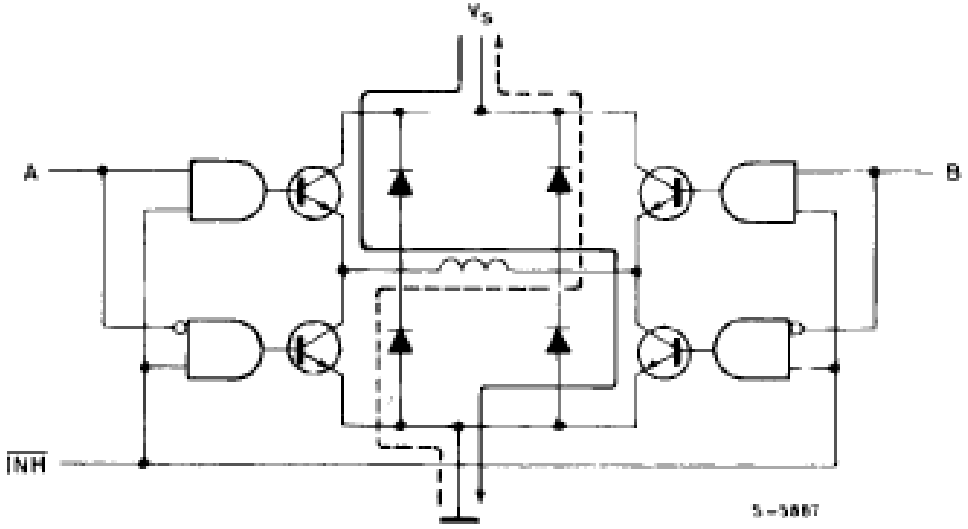


Inputs		Function
V_{en} = H	C = H ; D = L	Forward
	C = L ; D = H	Reverse
	C = D	Fast Motor Stop
V_{en} = L	C = X ; D = X	Free Running Motor Stop

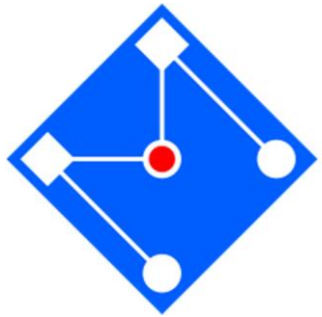
L = Low H = High X = Don't care

USO DA ENTRADA IN OU ENABLE





FIRMWARE: SOFTWARE PARA A ELETRÔNICA



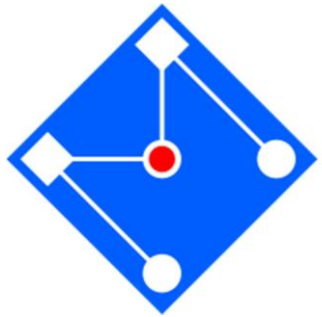
Os programas dos sistemas eletrônicos tem algumas particularidades:

- Recursos: microcontrolador (Kb) vs um PC (Tb)
- Programação relacionada com o hardware
- Timing é critico

Os passos para projeto de Firmware:

1. Especificações do programa
2. Projeto do programa
3. Codificação
4. Testar programa

ESPECIFICAÇÕES DO PROGRAMA



Relacionada com o projeto eletrônico…Recomenda-se especifir os dois ao mesmo tempo.

As vezes a mesma coisa pode ser ressolvida com hardware o software.

Por exemplo filtragem… mas cuidado:

1. Filtro anti-aliasing deve ser implementado por hardware antes da conversão A/D
2. Filtros de ruido podem ser implementados em hadwre ou software

Especificações detalhadas dos modos de operação do dispositivo.

Podem ser utilizados diagramas de blocos e/ou diagramas de fluxo.

PROGRAMA



Projeto de programa

Escritura de código

COMENTÁRIOS DO PROGRAMA



Imprescindível para manter ou acrescentar codigo.

Porém:

- Ocupan espaço aparentemente desnecessário para a execução correta
- Toma tempo escrever tudo

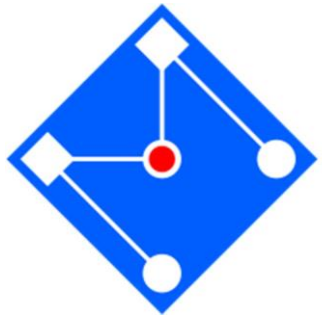
REPETIMOS: Imprescindível para manter ou acrescentar codigo.

“Código não comentado é código reprovado” (J. Silva)

Recomendação:

- Documentar incluindo autor e datas das sucessivas revisões
- Acerescteta notas das revisões

TESTES DO PROGRAMA



Os testes de validação de um programa devem seguir passos similares aos testes eletrônicos.

"Divide e vencerás". Julius Cesar

Modular: começar a testar o funcionamento dos modulos

- É mais facil detectar as falhas

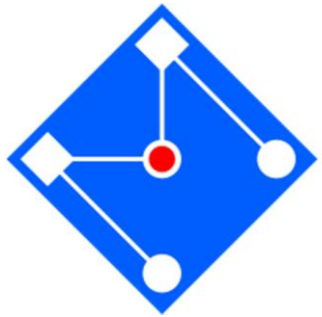
É necessário dispor de dados de diagnóstico do programa:

- Emuladores
- Tempo real mediante o software

FIM



SEÇÕES GERAIS NA DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO



1. Planejamento e gerenciamento do projeto
2. Especificação de requisitos
3. Análise
4. Projeto
5. Implementação
6. Documentação de teste

Apendices, incluindo:

A. Glosario

B. Código-fonte

C. Indice de versões

D. Referencias

E. Relatórios de projeto

F. Time logs

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

