

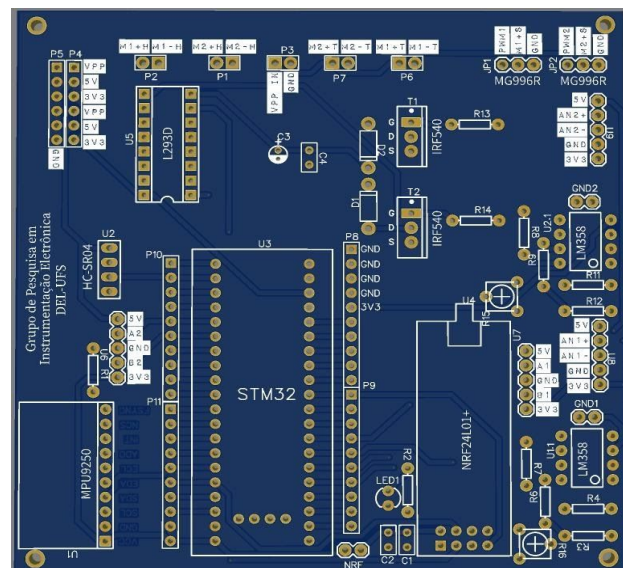
# PLACA DE CONTROLE E AQUISIÇÃO DE DADOS BASEADA EM STM32F103C8

Grupo de Pesquisa em Instrumentação – DEL/UFES



## Características

- Alimentação lógica: +5V ou +3V3
- Alimentação de Potência: +4V5 a +36V
- Duas saídas para controle de motores DC com PWM, ambas com opção de saída transistorizada ou com ponte H
- Duas saídas para servo motores
- Duas entradas analógicas, possuindo um condicionamento de sinal com amplificador de instrumentação.
- Entrada para sensor de distância ultrassônico HC-SR04
- Entrada para módulos inerciais: MPU6050, MPU6500 ou MPU9250
- Entrada para encoder de quadratura
- Entrada para rádio NRF24L01+
- Interface de comunicação com o computador via porta COM (USB\_CDC)



Desenho 2D da placa desenvolvida

## Aplicações

- Instrumentação eletrônica
- Robótica
- Sistemas de controle
- Modelagem de sistemas dinâmicos
- Plataformas didáticas
- Estudo de microcontroladores

## Descrição

Placa desenvolvida com a finalidade fomentar projetos práticos no estudo de controle, modelagem de sistemas, instrumentação eletrônica, microcontroladores e robótica. O projeto conta com todas as informações utilizadas no desenvolvimento, para que possa ser utilizado por estudantes ou entusiasta da área. É possível acessar, também, um guia inicial com algumas programações básicas utilizando a plataforma STM32CubeIDE e os módulos desta placa através do *link* do Github disponibilizado a seguir:

[https://github.com/RuanBispo/STM32F103C8\\_CUBEIDE\\_PLATAFORMA](https://github.com/RuanBispo/STM32F103C8_CUBEIDE_PLATAFORMA)

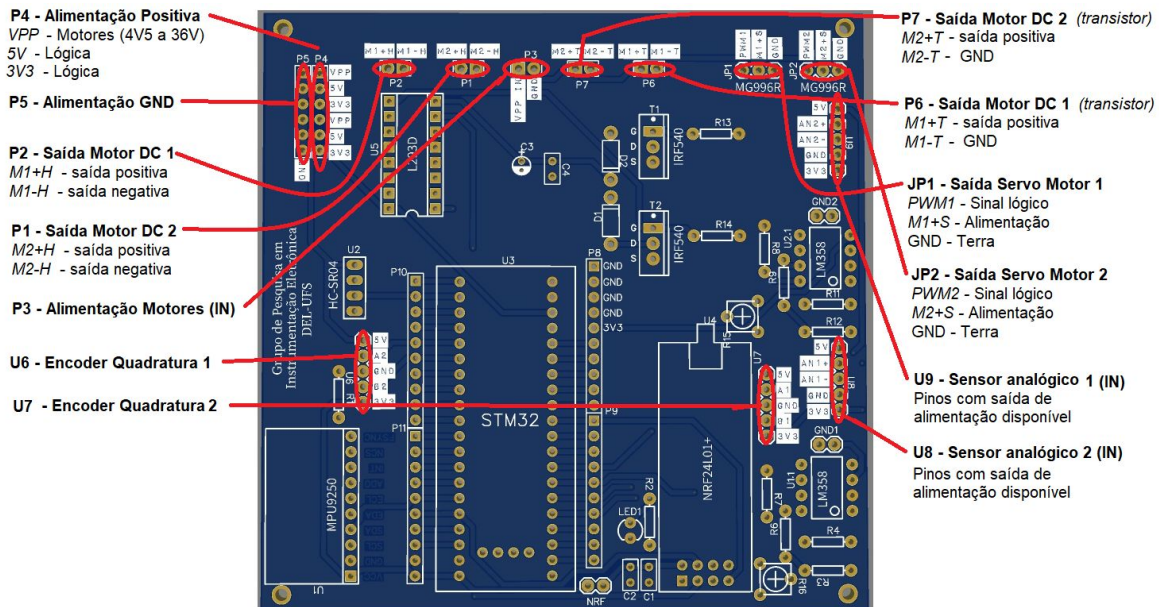
O microcontrolador STM32f103c8 foi escolhido devido ao seu baixo custo e sua capacidade de trabalho superior a boa parte dos microcontroladores mais utilizados na academia, como alguns tipos de Arduino e PIC. Assim, por existirem poucos projetos utilizando este chip, este trabalho atua proporcionando uma visão inicial para projetos futuros.

# PLACA DE CONTROLE E AQUISIÇÃO DE DADOS BASEADA EM STM32F103C8

Grupo de Pesquisa em Instrumentação – DEL/UFES



## Pinagem da placa

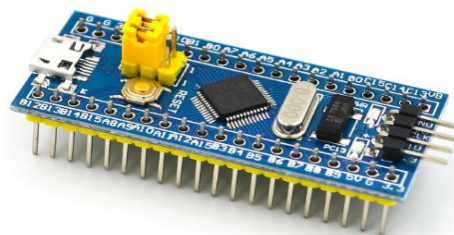


## Utilizando a placa

Para o correto uso da placa é preciso estar atento às alimentações, pois, como especificado na pinagem, o VPP é uma alimentação isolada para o uso de motores, não devendo ser confundida com as demais alimentações lógicas do circuito. Para essa alimentação existem dois pinos de acesso: O **P3**, cuja a função é conectar uma bateria ou fonte externa como entrada; e o **P4-VPP**, que possui uma saída para uso geral que está conectada diretamente com a alimentação do motor. Assim, se o usuário quiser mais de um dispositivo externo no **VPP**, é possível fazer uso desse pino junto à barra de pinos geral de **GNDP5**, que representa uma saída de terra para uso geral também.

Outro ponto importante é que a barra de pinos **P4** foi concebida com o intuito de prover saídas de uso geral para as alimentações da placa, uma vez que, se o usuário conectar o cabo USB ao STM32 este já será alimentado com 5V e as saídas de 3V3 serão energizadas com a própria regulação do microcontrolador. No entanto, é possível utilizar a mesma barra de pinos **P4** para alimentar o STM32 com 5V ou 3V3, pois todas as alimentações 3V3 na placa possuem ligações em comum, bem como as alimentações de 5V. Vale lembrar que se a placa for alimentada apenas com 5V ela energiza as trilhas de 3V3 corretamente. Por outro lado, se a alimentação for de 3V3 todos os pinos de 5V também terão 3V3, pois o regulador de tensão do microcontrolador não consegue elevar a tensão de alimentação do mesmo.

Com exceção da Ponte H e do sensor ultrassônico, todos os outros dispositivos funcionam com 3V3. Portanto, se esses dois componentes não estiverem sendo utilizados na aplicação, todo o circuito lógico pode ser alimentado apenas com 3V3. Para mais informações basta verificar o esquemático lógico da placa.



## Rádio

Para a transmissão de dados da placa de com o computador foi utilizado o módulo de rádio frequência NRF24L01+, por possuir um longo alcance e baixo ruído, dificultando a perda de pacotes por distância e por possuir uma documentação grande disponível construída pela comunidade acadêmica e entusiastas.

Especificações do rádio NRF24L01+:

- Frequência: Banda ISM de 2,4 GHz
- Comunicação: SPI
- Taxa máxima de dados: 2Mb/s
- Alimentação: 1V9 a 3V6
- Máx. Potência de saída: 0 dBm
- Alcance: +800 m com antena



Ao implementar o sistema de comunicação com o rádio, após a realização de diversos testes, foi encontrado um problema relacionado ao acesso de dados pelo SPI. Analisando a folha de dados do dispositivo, o *chip* e seus respectivos esquemáticos, foi verificado que o mesmo não possuía os capacitores de filtragem necessários para o seu funcionamento.

Desse modo, a opção escolhida foi adicionar os capacitores cerâmicos que faltavam na região indicada pela figura a seguir, em que a região circulada em vermelho representa o componente em falta no *chip*.

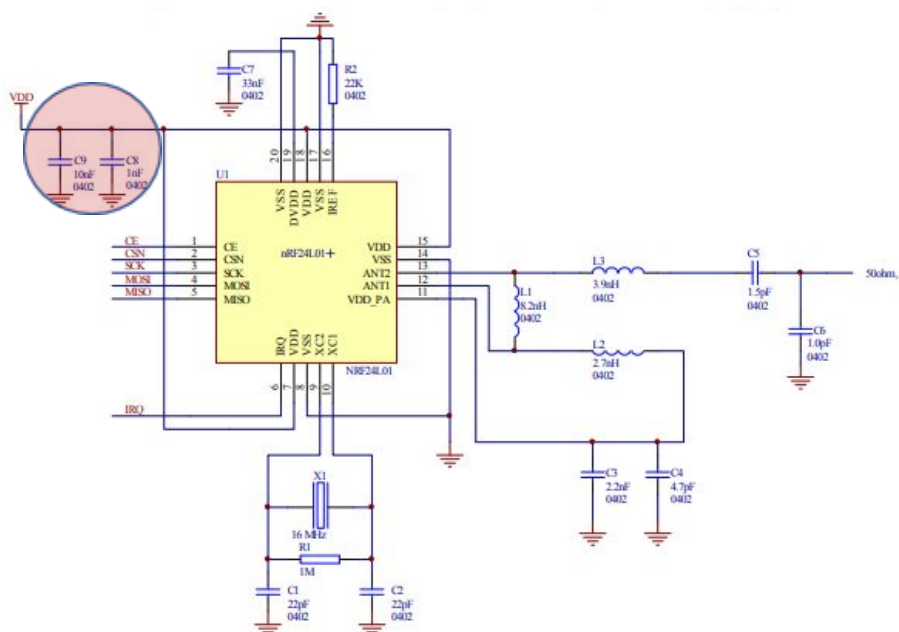


Figura extraída do datasheet do chip NRF24L01+

Para realizar a adaptação foram utilizados capacitores de 100nF e 10nF, pois ambos apresentaram uma boa resposta no acesso dos dados do rádio via comunicação SPI.



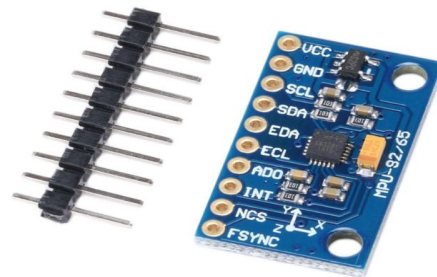
## IMU

Para o sensoriamento de ângulo foi utilizado um sensor do tipo MPU9250, que é uma variação mais completa do sensor MPU6050 que possui apenas um módulo acelerômetro e giroscópio internos. Sendo que, como essas duas variações de MPUXXX possuem a mesma pinagem, é possível realizar o uso de qualquer um deles na placa desenvolvida.

A grande vantagem do sensor MPU9250 é a presença do módulo de magnetômetro AK8963 no *chip*, que torna possível um aumento na precisão da obtenção dos dados de orientação. Isso acontece porque os dados de ângulo obtidos pelo giroscópio possuem erro de *drift*, assim, é necessário realizar a fusão de dados com outros sensores como um magnetômetro e um acelerômetro para uma melhor estimativa.

Especificações do sensor MPU9250:

- Alimentação: 3V a 5V
- Acelerômetro 3 eixos
- Giroscópio 3 eixos
- Magnetômetro 3 eixos
- Comunicação I2C
- Resolução de 16 bits
- Faixa de escala do Giroscópio:  $\pm 250$ ,  $\pm 500$ ,  $\pm 1000$ , e  $\pm 2,000^\circ / \text{seg.}$  (DPS)
- Faixa de escala do Acelerômetro:  $\pm 2\text{ g}$ ,  $\pm 4\text{ g}$ ,  $\pm 8\text{ g}$ , e  $\pm 16\text{ g}$
- Faixa de escala do magnetômetro:  $\pm 4800\mu\text{T}$
- Frequência de amostragem interna: 400 kHz



Por se tratar de um sensor com comunicação digital I2C, que utiliza apenas duas linhas bidirecionais para transmitir e receber dados, é possível ter uma robustez intrínseca a ruídos, devido ao próprio protocolo de comunicação. É possível, também, conectar outros componentes ao barramento, através da SDA (*Serial Data*), que envia os pacotes de dados, e da SCL (*Serial Clock*), que sincroniza a transmissão e o recebimento de dados do sensor. O *chip* possui também uma DMP (*Digital Motion Processor*) o que permite processar alguns dados.

## Sensor Ultrassom

Para medir distâncias foi utilizado o sensor HC-SR04, que possui baixo custo, funciona com 5V de alimentação, tem um bom alcance e é facilmente encontrado no mercado, sendo uma das principais escolhas para diversos projetos.

Apesar de possuir um ruído intrínseco ao método de medição, apresenta boa estimativa para o problema, sendo ainda de fácil implementação e acesso, existindo uma gama de projetos de plantas didáticas que já o utilizam. Portanto, trata-se de uma escolha viável para este trabalho.

Especificações do sensor HC-SR04:

- Alimentação: 5V
- Ângulo de percepção: 30°
- Resolução: 0.3 cm
- Alcance: 2 a 400 cm
- Freq. De pulsos: 40 kHz

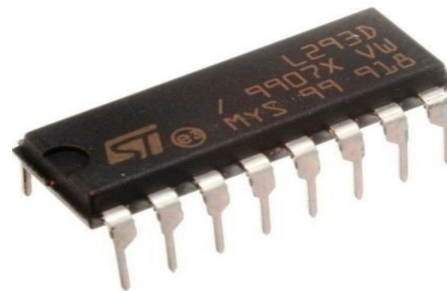


### Ponte H

O dispositivo foi escolhido por apresentar uma faixa de operação lógica compatível com os 3V3 do microcontrolador e devido a necessidade de reversão de sentido do giro do motor. A ponte H também é facilmente encontrada para compra e possui saída para mais de um motor, o que torna o *chip* um bom candidato nesta aplicação.

Especificações do CI L293D:

- Alimentação: 4V5 a 36V
- Alta rejeição de ruído
- Nível lógico alto acima de 1V5
- Proteção a superaquecimento
- Capacidade de saída: 600mA
- Saída para 2 motores



### Amplificador operacional

O circuito integrado com amplificadores operacionais foi escolhido devido à necessidade de condicionamento de sinal das entradas analógicas da placa. Assim, foi selecionado um amplificador operacional que tivesse pelo menos dois Amp-Ops, tornando possível utilizar a configuração de amplificador de instrumentação, o que reduz a ação de ruídos provenientes dos sinais adquiridos.

Especificações do CI LM358:

- Alimentação: 3V a 32V ou  $\pm 16V$
- Proteção de curto-circuito
- Single ou split supply
- Dois Amp-Ops
- Entrada de -0V3 a +32V



O componente foi adaptado para atuar na placa de forma permanente como um amplificador de instrumentação, com dois Amp-Ops, seguindo a configuração ilustrada na figura a seguir:

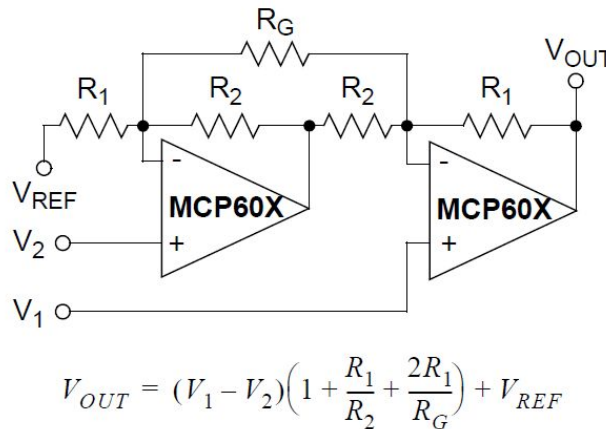


Figura extraída do datasheet do chip MCP60X

em que, o resistor ilustrado por  $R_g$  é representado na placa por um trimpot, utilizado para o ajuste fino de ganho, visto que, os maiores responsáveis pelo ganho total são os resistores  $R_1$  e  $R_2$ . É importante ressaltar que se o resistor  $R_1$ , bem como o  $R_2$ , que possuem duplicidade na figura, forem de valores diferentes, a simplificação da equação correspondente não pode ser considerada.

Na imagem,  $V_{out}$  representa a tensão de saída,  $V_{ref}$  a tensão de referência (na maioria dos casos 0V),  $V_1$  e  $V_2$  são as entradas diferenciais do sensor utilizado.

## Transistores

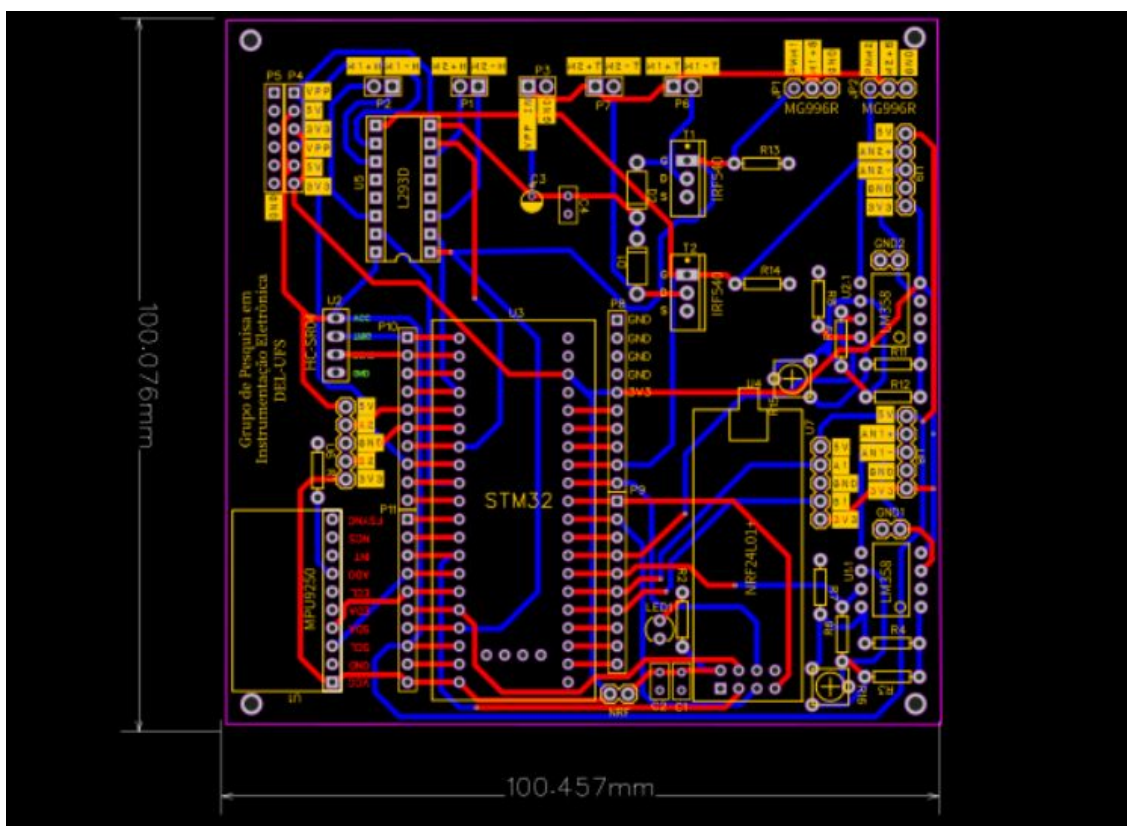
Para o caso em que a inversão dos sentidos dos motores controlados não é necessária, foi escolhido um par de transistores para realizar o chaveamento. Essa opção foi considerada devido à melhor resposta que o transistor pode proporcionar para alguns motores.

Especificações do transistor IRF540:

- Alimentação: até +100V
- Corrente máx: 30A
- Suporta até 175 °C
- $R_{DS(on)} = 0.05 \text{ ohm}$
- $T_d(on) = 20 \text{ ns}$



## Dimensões da Placa



## Direito de utilização

Todo o projeto foi executado com o intuito de difundir conhecimento e auxiliar no ensino de atividades práticas na universidade, sendo de uso aberto, liberado para modificação sem quaisquer restrições e de baixo custo, considerando eventuais restrições financeiras.

## Versão

- 1.0 – Última atualização: 2020.1

## Envolvidos

Ruan Robert Bispo dos Santos (ruanrobert00.rr@hotmail.com)

Prof. Lucas Molina (lmolina@ufs.com)

Prof. Elyson Adan Nunes Carvalho (ecarvalho@ufs.com)





## Anexo

### Lista de componentes (BOM)

ID	Componente	Nome	Descrição	Qtd
1	STM32F103C8	U3	Microcontrolador	1
2	NRF24L01+2.4G	U4	Rádio	1
3	JUMPER	NRF,GND2,GND1	Barra de pinos 2X1	3
4	Barra de pinos 2X1	P1	Para Ponte H do Motor DC 1	1
5	Barra de pinos 2X1	P2	Para Ponte H do Motor DC 2	1
6	Barra de pinos 2X1	P3	Para alimentação dos Motores	1
7	Barra de pinos 2X1	P7	Para Transistor do Motor DC 2	1
8	Barra de pinos 2X1	P6	Para Transistor do Motor DC 1	1
9	Barra de pinos 10X1	P8,P9,P10,P11	Acesso aos pinos do uC	4
10	1N4007	D1,D2	Diodo	2
11	MPU9250	U1	IMU	1
12	Barra de pinos 5X1	U8,U9,U6,U7	BARRA DE PINOS 5X1	4
13	IRF540	T2,T1	Transistor NPN	2
14	1u	C3	Capacitor eletrolítico	1
15	L293D	U5	Ponte H	1
16	204-10SURD/S530-A3	LED1	LED 3mm	1
17	1u	C4	Capacitor	1
18	10u	C1	Capacitor	1
19	100u	C2	Capacitor	1
20	HC-SR04	U2	Sensor Ultrassom	1
21	10k	R1,R14,R13,R2	Resistor	4
22	1k	R3,R4,R6,R7,R8,R9	Resistor	8
23	Barra de pinos 6x1	P4,P5	Alimentação	2
24	Barra de pinos 1X3	JP1	Para Servo1	1
25	Barra de pinos 1X3	JP2	Para Servo2	1
26	TRIMPOT	R16,R15	Ajuste Amp op	2
27	LM358	U1.1,U2.1	Amp op	2