

Apostila de Hardware

Miguel Abdala

2026

Conteúdo

1	Componentes	3
1.1	Bateria 18650	3
1.2	Suporte de bateria	4
1.3	Carregador de bateria	5
1.4	Regulador 7805	5
1.5	ESP32 WROOM-32	6
1.6	Motor DC 130	7
1.7	Motor DC 130 com redução	9
1.8	Ponte H DRV8833	9
1.9	Chave Liga/Desliga	10
1.10	LED	11
1.11	Resistor	11
1.12	Capacitor	12
1.12.1	Capacitor de cerâmica	13
1.12.2	Capacitor eletrolítico	13
1.13	Conektor JST RCY	14
1.14	Controle PS3	14
2	Conexões elétricas	15
2.1	Alimentação, seccionamento, filtragem e sinalização	16
2.2	Regulagem e alimentação da ESP32	17
2.3	Controle dos motores	18
2.4	Mecanismo de segurança	20

1 Componentes

1.1 Bateria 18650

Responsável por fornecer energia ao robô, permitindo seu funcionamento.



Figura 1: Bateria Li-Ion 18650

- Material: **Li-Ion**;
- Capacidade: 2200mAh (quanto maior for a capacidade, mais tempo a bateria irá durar);
- Tensão nominal: 3.7V, podendo variar entre 4.2V (quando completamente carregada) e 3.2V (quando descarregada).

Possui lado (terminal) positivo e negativo. O terminal positivo é identificado por meio de um chanfro / corte / ressalto. Já o terminal negativo é completamente liso. Caso não consiga identificar a polaridade pelo ressalto, utilize um multímetro na escala de tensão.

Ao conectar as baterias na placa, **certifique-se de que o positivo da bateria esteja conectado ao positivo da placa, e que o negativo da bateria esteja conectado ao negativo da placa**. Caso a ligação seja invertida, os componentes da placa irão queimar.

É possível associar baterias em série (+ de uma conectada ao - de outra) e/ou em paralelo (+ conectados e - conectados), e ao produto dessa associação dá-se o nome de *pack* de baterias. De forma resumida, a associação série permite maiores tensões (tensão de saída do pack igual ao somatório das tensões de cada bateria), enquanto a associação paralela permite uma maior capacidade (capacidade do pack igual ao somatório das capacidades de cada bateria). **Recomenda-se utilizar baterias de mesmo material, nível de carga, fabricante e capacidade para montar os packs**.

É válido mencionar que existem baterias com diferentes capacidades, tamanhos, pesos e tipos de materiais. Existem ainda baterias que já vêm com várias células associadas (2s, 3s, ...).

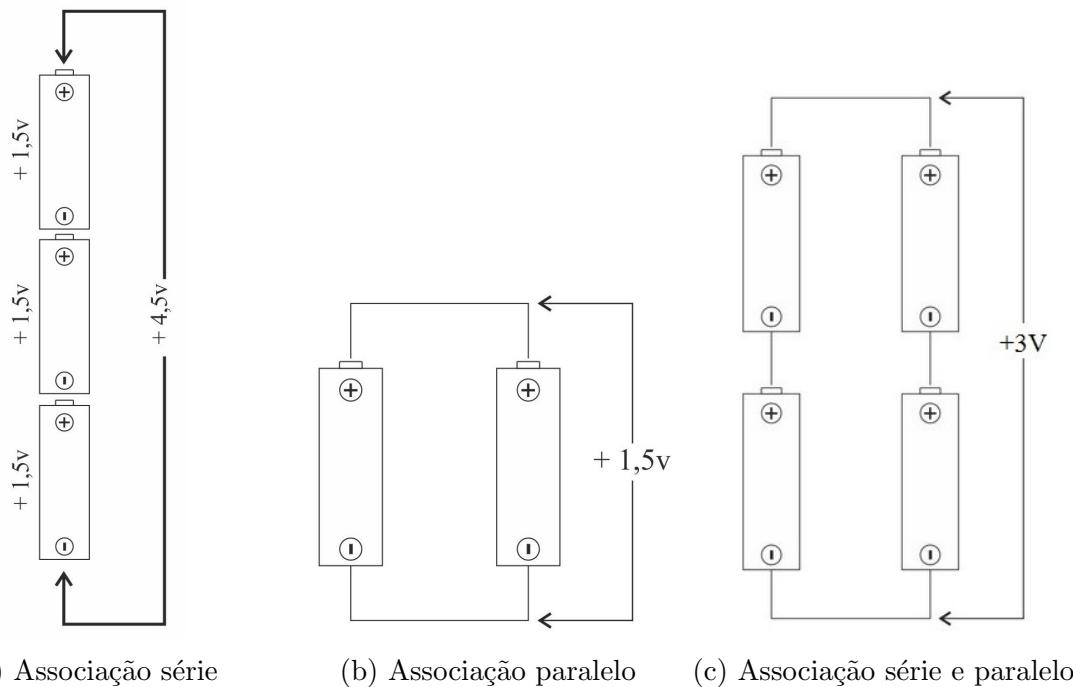


Figura 2: Associação de baterias

1.2 Suporte de bateria

Componente utilizado para manter as baterias fixas no lugar, garantindo uma conexão elétrica segura entre elas e o circuito.



Figura 3: Suporte para conexão de 2 baterias 18650 em série

Permite a conexão de duas baterias Li-Ion 18650 em série. Em seu interior, há um desenho indicando como cada bateria deve ser colocada. Na saída do suporte existem dois fios, o vermelho é o positivo e o preto, o negativo.

Certifique-se de que as baterias foram encaixadas corretamente e de que os fios do suporte foram conectados à placa de forma correta (+ com + e - com -). Caso os fios sejam invertidos, os componentes da placa irão queimar.

1.3 Carregador de bateria



Figura 4: Carregador para duas baterias 18650

Para carregar a bateria, basta encaixá-la no interior do carregador, pressionando a parte metálica que fica no meio para baixo. O positivo da bateria deve ficar para cima (conector mais próximo ao led de indicação).

- Led vermelho: indica que a bateria não está completamente carregada;
- Led verde: indica que a bateria está completamente carregada.

Observação: é necessário conectar o carregador na tomada para que os leds indiquem corretamente o estado da bateria.

1.4 Regulador 7805

Utilizado para regular a tensão de alimentação do robô para 5 V.

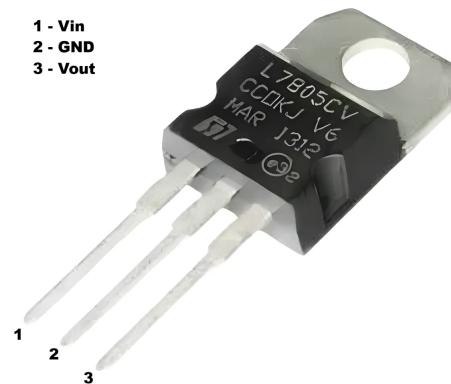


Figura 5: Regulador de tensão 7805

- Pinagem: possui três terminais - entrada (Vin), terra (GND) e saída (Vout).
- Parâmetros elétricos (gerais):
 - Tensão de entrada: 7 V a 25 V
 - Tensão de saída: 5 V
 - Máxima corrente que o componente é capaz de fornecer na saída: 1A

A tensão proveniente da associação em série de 2 baterias 18650 varia de 6,4 V a 8,4 V. Essa faixa de valores não é compatível com a tensão de alimentação da ESP32; por isso, faz-se necessário a utilização do regulador.

Observações:

- Os parâmetros elétricos informados acima dão uma referência sobre as limitações elétricas do componente. Entretanto, esses valores podem variar de componente para componente. Para informações mais exatas, consulte o manual / *datasheet* do fabricante;
- Caso a conexão dos pinos não seja feita da forma correta, o componente estoura. Portanto, deve-se tomar muito cuidado ao fazer as conexões;
- É recomendado a utilização de um dissipador de calor para impedir que o componente esquente muito. Entretanto, este não foi utilizado no projeto devido à limitação de espaço na placa.

1.5 ESP32 WROOM-32

Microcontrolador responsável por ler as informações do controle *Bluetooth* e atuar no controle dos motores. Armazena e executa a lógica de funcionamento. É o cérebro do robô.

A alimentação do componente pode ser feita por meio do conector USB presente na placa ou então por meio do pino VIN. A **tensão recebida no pino VIN deve ser de 5V**. As opções de alimentação são mutuamente exclusivas, ou seja, **nunca deve-se alimentar a placa das duas maneiras simultaneamente**. Se alimentar pelo pino VIN, deve-se remover o cabo USB e vice-versa. Na placa projetada, a **tensão vinda da bateria é regulada para 5V e encaminhada ao pino VIN**.

O controlador trabalha em **nível lógico 3,3V**. Portanto, todo sinal de saída da placa poderá ter até 3,3V e **todo sinal de entrada deve ter até 3,3V**.

Do lado oposto ao conector USB fica a antena Bluetooth do microcontrolador. A fim de evitar problemas de conexão (queda e/ou lentidão) entre a placa e o controle, **deve-se**

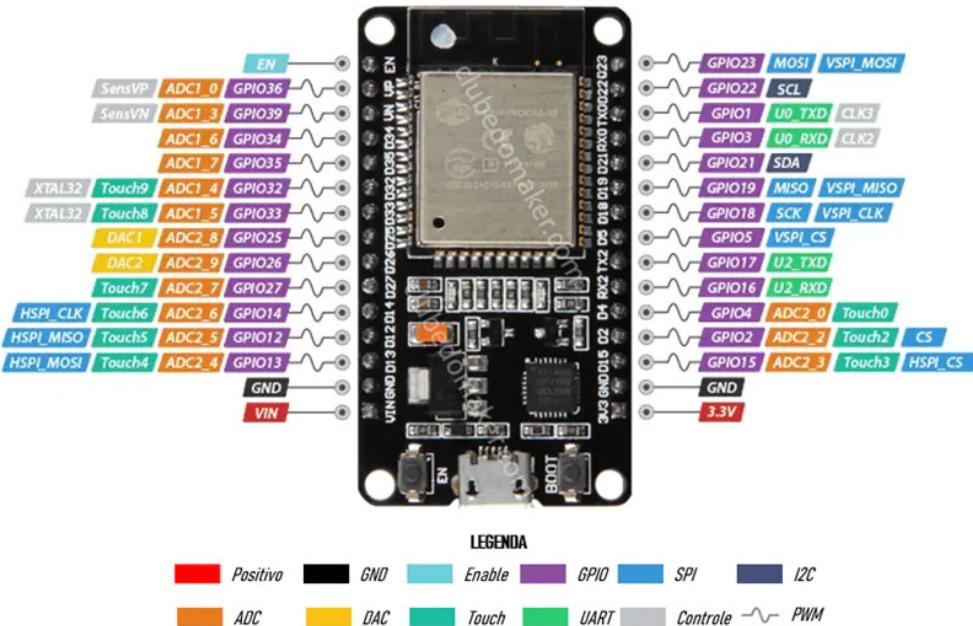


Figura 6: Pinagem ESP32 WROOM32 30 pinos

manter a antena o mais longe possível de fios de energia e motores, pois estes são fontes de interferências eletromagnéticas.

Com base no diagrama, percebe-se que cada pino possui diversas funcionalidades. Entretanto, utilizam-se apenas as funcionalidades GPIO e PWM. GPIO indica que o pino pode operar como entrada e saída digital, mandando/recebendo 0 V ou 3,3 V apenas. Já PWM indica que o pino é capaz de gerar um sinal PWM (*Pulse Width Modulation*) de saída, ou seja, o pino é capaz de gerar valores de tensão de 0 V a 3,3 V, não apenas 0 V ou 3,3 V.

Observação: apesar de estarem identificados como GPIO, os pinos D34, D35, D36 e D39 funcionam **apenas** como entrada digital.

1.6 Motor DC 130

Componente capaz de exercer uma força rotativa. Constituído internamente de um par de ímãs (estator - parte fixa) e um núcleo (rotor - parte móvel).

- Tensão de Operação: de 3 a 6V.
- Alimentação: feita por meio dos terminais de cobre externos. Coloca-se o positivo da fonte de alimentação em um terminal e o negativo em outro.



Figura 7: Motor DC 130

Observações:

- É possível alimentar os motores com níveis de tensão maiores que os especificados (*overvoltage*), produzindo uma maior rotação. Entretanto, isso pode danificar o componente;
- A direção da rotação (horária e anti-horária) pode ser modificada invertendo a alimentação (trocar o positivo e negativo de terminal);
- Os parâmetros de tensão e corrente do motor podem mudar em função de sua construção mecânica (tamanho do núcleo, força do ímã, entre outros).

Não recomenda-se a utilização de motores 130 em que a parte traseira seja da cor branca (ver imagem abaixo), pois esses motores geralmente demandam uma alta corrente, não suportada pela placa e seus componentes, podendo levar à queima.

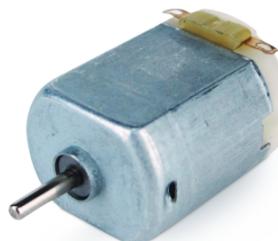


Figura 8: Motor DC 130 com fundo branco (não recomendado)

1.7 Motor DC 130 com redução

Motor DC 130 que incorpora um sistema de engrenagens para converter a rotação do motor em força (torque). O motor por si só não possui força suficiente para movimentar o robô. Devido a isso, faz-se necessário o uso da caixa de redução. A relação de conversão velocidade / torque depende da relação de engrenagens da caixa de redução.



Figura 9: Motor DC 130 com caixa de redução

1.8 Ponte H DRV8833

Componente utilizado para fazer o controle de velocidade e sentido de rotação dos motores de locomoção e da arma.

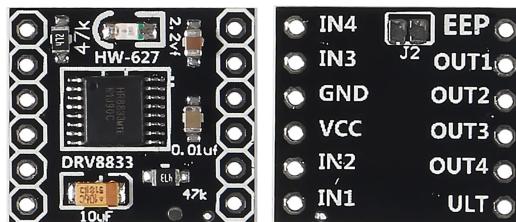


Figura 10: Ponte H DRV8833

- Quantidade de canais (motores): 2
- Tensão de alimentação: 2,7 V a 10,8 V
- Máxima corrente fornecida por canal: 1,4 A
- Máxima tensão aceita pelos pinos de controle: 7 V

O sentido e a velocidade de rotação de cada motor são controlados via um par de pinos de entrada (IN). Um dos pinos do par recebe GND e o outro, Vcc. O sentido de

rotação muda em função de qual pino receber Vcc e qual receber GND. Cada canal possui também 2 pinos de saída, por onde é feita a alimentação do motor.

Para controlar a velocidade de rotação utilizando a ESP32, deve-se utilizar uma técnica chamada *Pulse Width Modulation* (PWM), que permite gerar valores de tensão entre 0 V e 3,3 V. Ao invés de o par de pinos de controle da ponte H receber GND e Vcc, ele passa a receber GND e o sinal PWM.

Pinagem:

- IN1 e IN2: pinos de controle do canal 1
- OUT1 e OUT2: pinos de saída do canal 1
- IN3 e IN4: pinos de controle do canal 2
- OUT1 e OUT2: pinos de saída do canal 2
- VCC e GND: pinos de alimentação da ponte H e dos motores
- ULT e EEP: não utilizados

Observações:

- Os pinos GND da ponte H e do ESP32 devem ser interconectados. Isso é necessário para que a ponte H consiga interpretar corretamente a tensão recebida pelos pinos de controle (IN);
- Para mais informações sobre o componente, consulte o manual / *datasheet*.

1.9 Chave Liga/Desliga

Utilizada para ligar e desligar o robô.

Ao pressionar a chave para um dos lados, fecha-se o contato mecânico entre o pino central (chamado de comum) e o pino lateral (referente ao lado em que o botão foi pressionado), fazendo com que o sinal elétrico presente em um dos pinos seja transmitido ao outro.



Figura 11: Chave liga/desliga tipo gangorra

1.10 LED

Utilizado para indicar o estado do robô: ligado (led aceso) e desligado (led apagado).

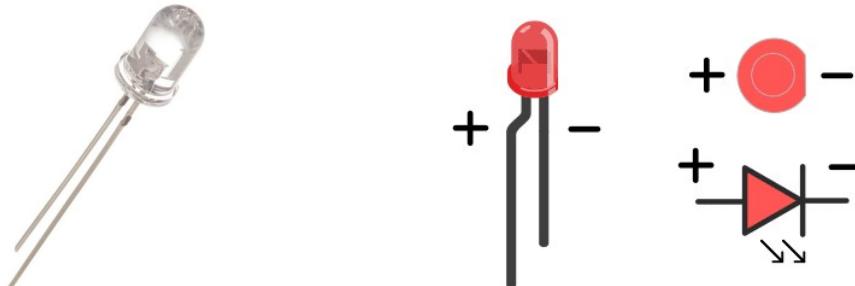


Figura 12: LED

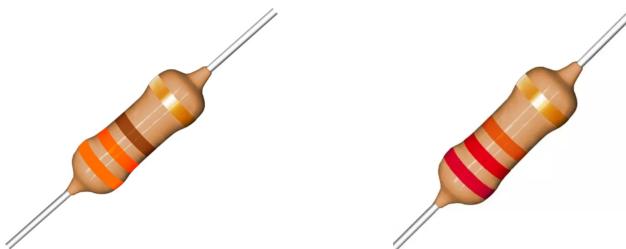
Possui polaridade, ou seja, um terminal deve ser conectado especificamente ao positivo e o outro, ao negativo, da fonte de alimentação. O terminal positivo recebe o nome de ânodo, e o negativo, de cátodo. Observando o interior do componente, percebe-se que existem duas placas metálicas. A placa maior indica o terminal negativo.

O led presente na placa possui cor azul, diâmetro de 5 mm e é do tipo alto brilho. Para esse tipo de componente, temos os seguintes parâmetros elétricos:

- Tensão necessária para funcionamento: 2,5 V a 3 V
- Máxima corrente que pode passar pelo componente: 20 mA

1.11 Resistor

Componente eletrônico que limita a tensão e/ou o fluxo de corrente elétrica em um circuito.



(a) Resistor de $330\ \Omega$ (b) Resistor de $22\ k\Omega$

Figura 13: Resistores utilizados

É caracterizado por sua resistência elétrica, medida em ohms (Ω), e potência, medida em watts (ω). O componente possui uma sequência de faixas coloridas em sua superfície, que servem para indicar qual seu valor de resistência.

Tabela 1: Código de cores para resistores

CÓDIGO DE CORES - RESISTOR				
COR	1 ^a FAIXA	2 ^a FAIXA	MULTIPLICADOR	TOLERÂNCIA
PRETO	0	0	1	
MARRON	1	1	10	+/- 1 %
VERMELHO	2	2	100	+/- 2 %
LARANJA	3	3	1000	
AMARELO	4	4	10K	
VERDE	5	5	100K	+/- 0.5 %
AZUL	6	6	1M	+/- 0.25 %
ROXO	7	7	10M	+/- 0.1 %
CINZA	8	8		+/- 0.05 %
BRANCO	9	9		
DOURADO			0.1	+/- 5 %
PRATA			0.01	+/- 10 %

No projeto em questão, foi utilizado um resistor de 330Ω / $0,25 \omega$ para limitar a tensão e a corrente recebidas pelo led, de modo a evitar danos, e um resistor de $22 \text{ k}\Omega$ / $0,25 \omega$, cujo propósito está explicado no tópico 2.4 desta apostila.

Observação: além de possuir a resistência necessária para o projeto, o resistor deve ser capaz de suportar a potência (tensão x corrente no componente) que será dissipada nele.

1.12 Capacitor

Capacitor é um componente eletrônico que armazena e libera energia elétrica. Pense nele como uma bateria bem pequena. Possui uma ampla gama de aplicações, mas no projeto em questão está sendo utilizado para filtragem e desacoplamento.

Filtragem e desacoplamento: capacitores de desacoplamento funcionam como fones de ouvido com cancelamento de ruído. Eles ajudam a "limpar" esses ruídos indesejados do circuito, permitindo que os componentes funcionem corretamente.

Parâmetros elétricos: os parâmetros elétricos mais importantes de um capacitor são a sua máxima tensão de operação, que indica com até quantos volts ele pode ser alimentado, e sua capacidade de armazenamento (capacitância). A capacitância é normalmente medida em Farad (F) e quanto maior, mais energia o componente consegue armazenar.

Podem ser construídos com diversos materiais, como, por exemplo, poliéster, cerâmica e eletrolítico.

1.12.1 Capacitor de cerâmica

Não possuem polaridade de conexão. Geralmente suportam tensões relativamente altas e possuem baixa / média capacidade de armazenamento. Para encontrar o valor de capacitância do componente, basta pegar os 2 primeiros números, multiplicar por 10 elevado ao terceiro valor e depois por 10 elevado a -12. Exemplo:

$$104 = 10 \times 10^4 \times 10^{-12} = 100.10^{-9} = 100nF \quad (1)$$



Figura 14: Capacitor de cerâmica de 100nF

1.12.2 Capacitor eletrolítico

Conhecidos por sua alta capacitância. São polarizados, o que significa que possuem um terminal positivo (ânodo) e um terminal negativo (cátodo). A conexão incorreta pode danificar o capacitor ou o circuito.



Figura 15: Capacitor eletrolítico

1.13 Conector JST RCY

Conector de 2 vias (2 fios) utilizado para a conexão entre a placa, os motores e o suporte de baterias. São polarizados, ou seja, possuem lado certo de encaixe (fio vermelho do conector macho deve conectar no fio vermelho do conector fêmea).



Figura 16: Conector JST RCY

1.14 Controle PS3

Utilizado para pilotagem do robô. Comunica-se via *Bluetooth* com a ESP32, mandando dados sobre o estado dos botões e joysticks.



Figura 17: Controle PS3

Na parte frontal do controle, há um conector mini USB, utilizado para carregamento. **Recomenda-se carregar o controle apenas em portas USB de computadores, notebooks e video-games.** Não utilizar carregadores de celular ou similares, pois estes podem extrapolar as limitações de carregamento da bateria do controle.

2 Conexões elétricas

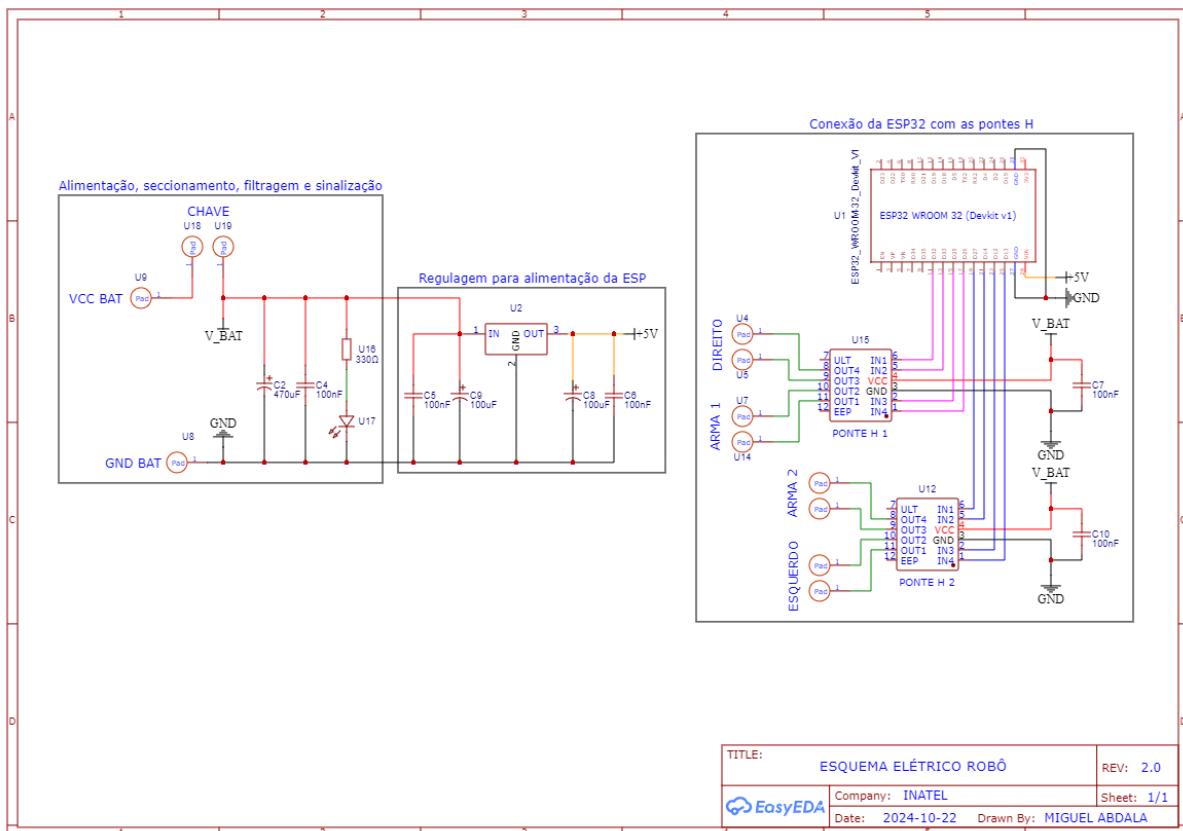


Figura 18: Esquema elétrico completo da placa

2.1 Alimentação, seccionamento, filtragem e sinalização

Alimentação, seccionamento, filtragem e sinalização

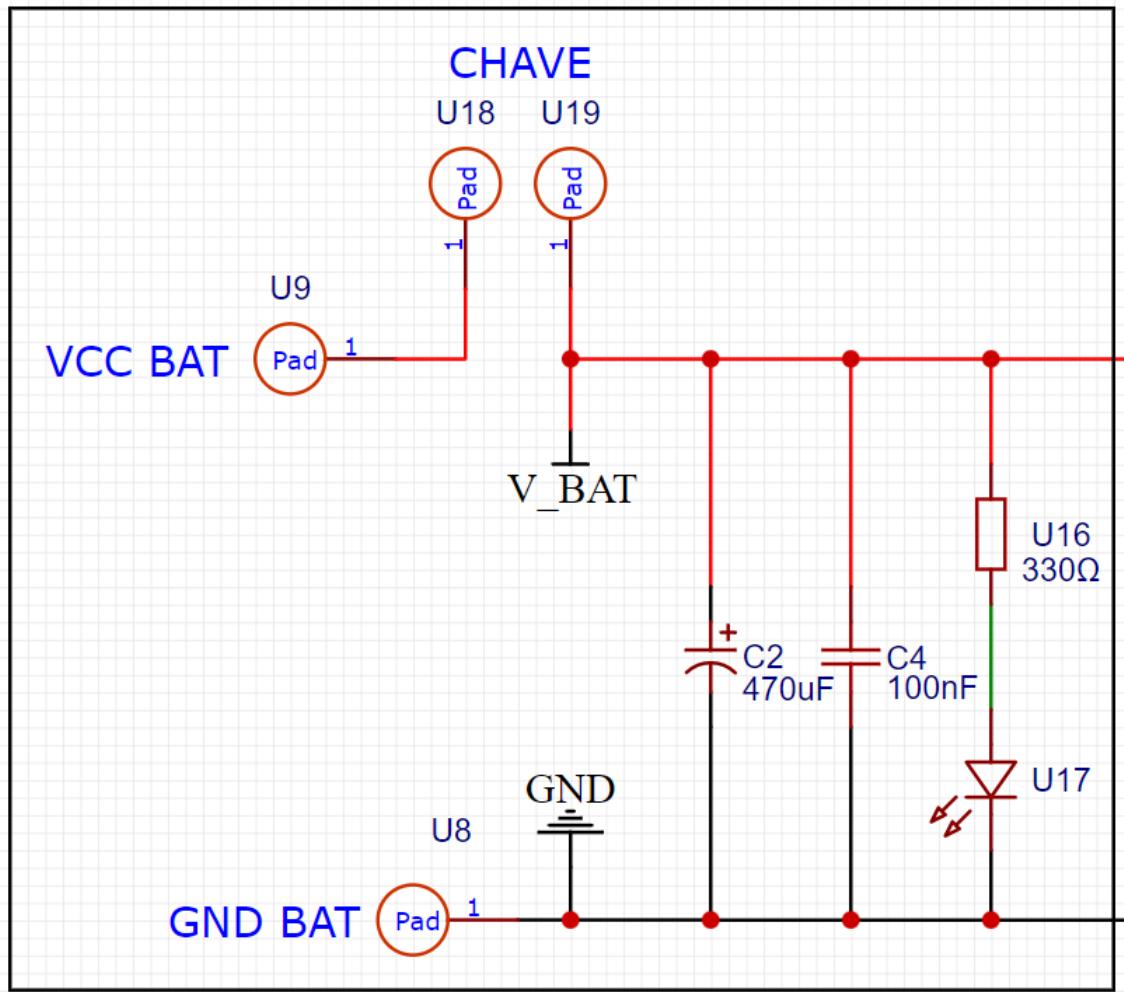


Figura 19: Entrada de energia da placa

Nessa parte do circuito, é possível observar o conector de entrada da bateria, por onde entra a energia para alimentar a placa, a chave liga/desliga do sistema e o led de indicação de funcionamento. Ao pressionar a chave, a conexão entre o Vcc da bateria e o resto do circuito é estabelecida, energizando o robô.

Nessa parte primária de alimentação, temos 2 capacitores: de cerâmica, com valor de 100nF, e eletrolítico (polarizado), com valor de 470uF. Estes capacitores são responsáveis por filtrar o sinal de energia vindo da bateria.

2.2 Regulagem e alimentação da ESP32

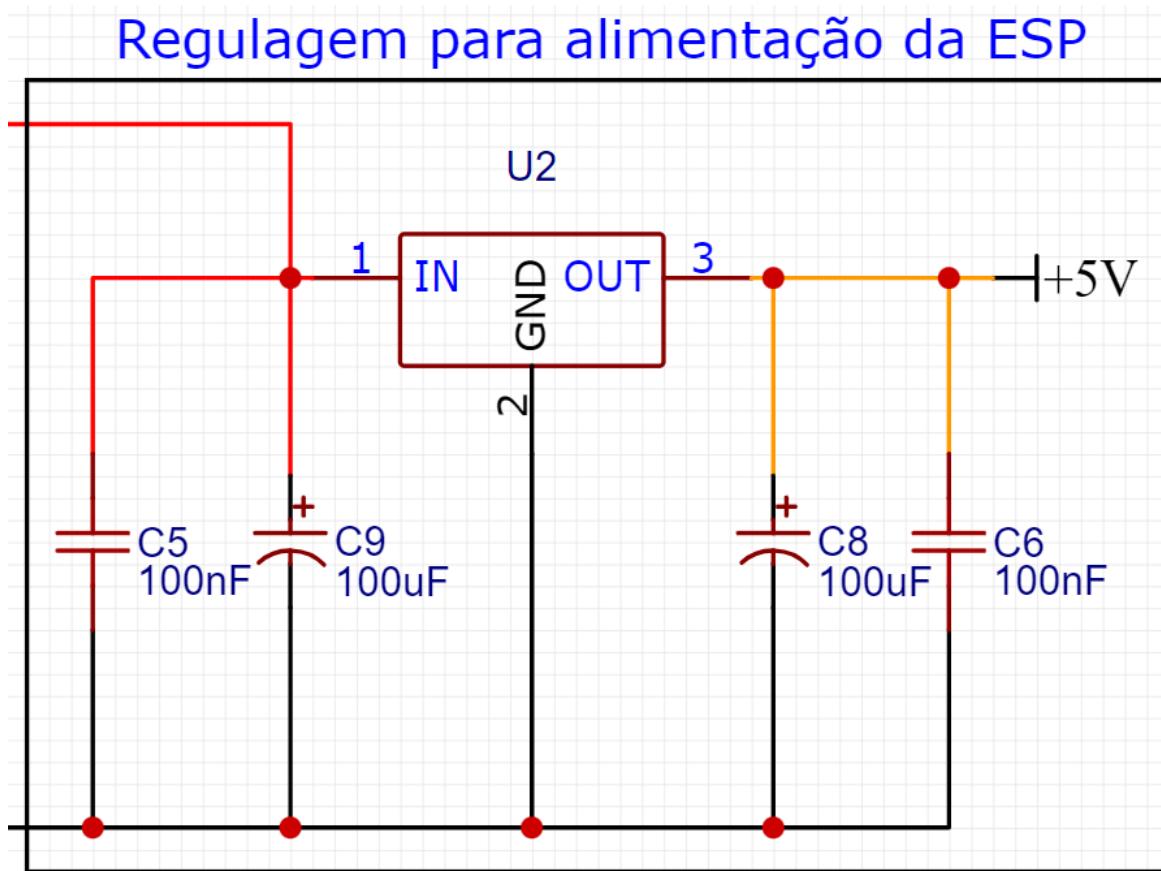


Figura 20: Regulagem para alimentação da ESP32

O 7805 regula a tensão proveniente da bateria para 5V, que varia de 6,4 V a 8,4 V, e entrega ao pino VIN da ESP32. Tanto na entrada quanto na saída do regulador, foi utilizado um par de capacitores para filtrar o sinal. Cada par é composto por um capacitor de cerâmica de 100nF e um capacitor eletrolítico de 100uF.

Devido aos parâmetros de funcionamento do 7805, mencionados no tópico 1.4 desta apostila, não é recomendado utilizar o robô caso as duas baterias estejam com tensão abaixo de 3,5 V, de modo a garantir o nível mínimo de tensão exigido na entrada do componente (7 V).

2.3 Controle dos motores

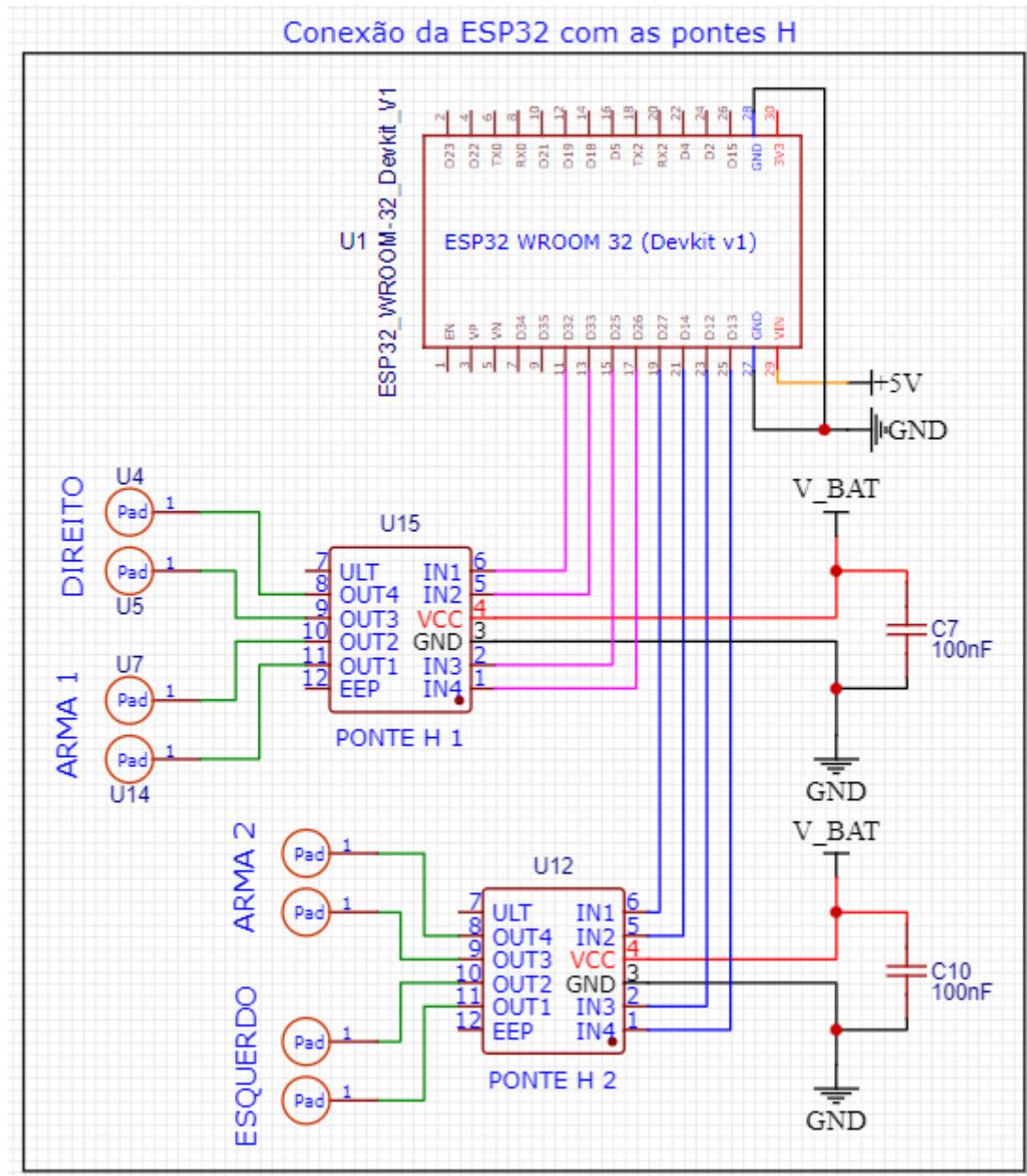


Figura 21: Conexões da ponte H DRV8833

A placa conta com 2 pontes H DRV8833, permitindo o controle de até 4 motores. A tabela abaixo demonstra as conexões feitas entre os pinos de controle das pontes H e os pinos da ESP32:

Tabela 2: Conexões ponte H 1 / ESP32

PONTE H 1		
FUNÇÃO	PINO DRV	PINO ESP32
MOTOR 1	IN1	D32
	IN2	D33
MOTOR 2	IN3	D25
	IN4	D26

Tabela 3: Conexões ponte H 2 / ESP32

PONTE H 2		
FUNÇÃO	PINO DRV	PINO ESP32
MOTOR 3	IN1	D27
	IN2	D14
MOTOR 4	IN3	D12
	IN4	D13

Observando a pinagem da ESP32 apresentada no tópico 1, percebe-se que todos os pinos utilizados para controle dos motores possuem a funcionalidade PWM. Os pinos de saída de cada canal estão conectados aos terminais de um conector, onde o motor é fixado.

Para o robô em específico, convencionou-se que cada ponte H controla um motor de locomoção e um motor de arma. Entretanto, é importante mencionar que essa configuração não é fixa e pode ser alterada via código.

A alimentação do DRV883 é feita diretamente pela bateria. Portanto, a tensão recebida pelos motores é proporcional (depende do sinal PWM de controle) à

tensão da bateria. Devido a isso, **quanto maior for a tensão de alimentação, mais rápido os motores irão girar** (importante respeitar os limites de tensão de todos os componentes da placa). Em paralelo à alimentação de cada ponte H, há um capacitor de cerâmica de 100nF, utilizado para filtragem do sinal de alimentação.

2.4 Mecanismo de segurança

Conforme descrito no tópico acima, o pino D14 da ESP32 está sendo utilizado para controle de um dos motores. Durante o processo de inicialização (*boot*) do microcontrolador, que ocorre assim que ele é alimentado, aparece nesse pino uma tensão de 3,3V, devido ao funcionamento interno do componente. Essa tensão de 3,3V faz com que a ponte H ligue o motor conectado aos pinos OUT1 e OUT2. Apesar de essa energização ser momentânea, ela não pode acontecer. Para evitar esse problema, foi colocado um resistor de $22k\ \Omega$ entre o pino D14 e o GND (resistor de *Pull-Down*), para garantir que o pino do DRV883 receba GND durante a inicialização e o motor não ligue.

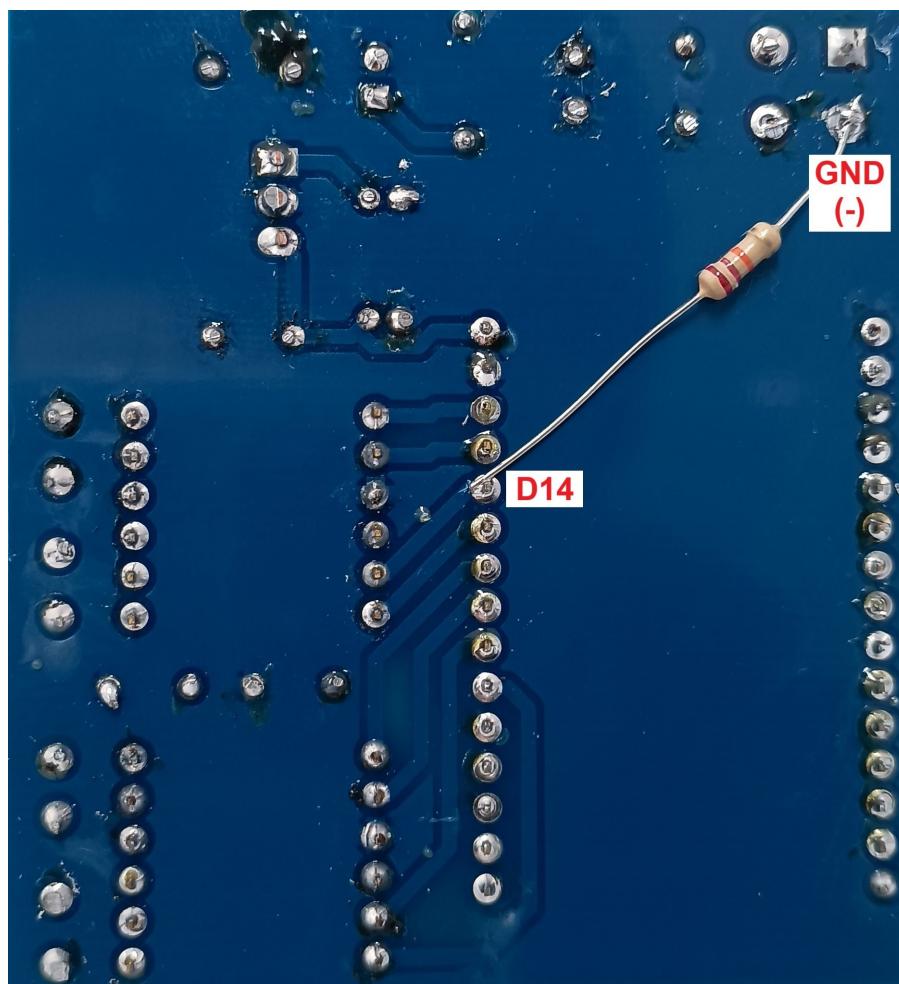


Figura 22: Resistor de pull-down conectado ao pino D14