

Arduino Standalone: I

Abrantes Araújo Silva Filho

2025-11-18

Resumo

Este é o primeiro de uma série de artigos que discute e mostra, em detalhes, como montar um Arduino Standalone, ou seja, um Arduino montado apenas em uma protoboard. Neste artigo aprenderemos a fazer a montagem da fonte de alimentação, do microcontrolador e de outros componentes fundamentais, como o cristal oscilador. Em outros artigos desta série discutiremos as opções disponíveis para a programação do microcontrolador diretamente na protoboard.

Sumário

1	Introdução	2
2	Materiais	4
3	Montagem	8
3.1	Alimentação	8

1 Introdução

Depois de algum tempo utilizando o Arduino e ganhando experiência em diversos projetos interessantes com sensores e atuadores, você começa a sentir necessidade de entender realmente como essa placa funciona e como o microcontrolador realiza a mágica de transformar o código de seu programa em ações no mundo real.

Montar um “Arduino Standalone” (usar apenas o microcontrolador — geralmente o ATmega328P — na protoboard sem a placa do Arduino) é um verdadeiro **rito de passagem** no aprendizado de eletrônica, programação e sistemas embarcados: é o momento em que você deixa de ser apenas um usuário do Arduino para entender como a engenharia por trás dele funciona.

Pense no Arduino como uma bicicleta com rodinhas de treinamento: você consegue fazer muitas coisas legais e interessantes mas chega um momento em que, para avançar, as rodinhas de treinamento precisam ser removidas. Montar seu primeiro Arduino Standalone equivale à seu primeiro passeio de bicicleta sem as rodinhas de treinamento.

Existem diversas razões pelas quais isso é interessante e importante:

- **Desmistificação do hardware:** quando usamos o Arduino, muitas coisas estão pré-configuradas e ocultas para nós. Ao montar o circuito independente na protoboard você aprenderá na prática a função de diversos componentes essenciais como o cristal oscilador, a regulação de tensão para a alimentação do microcontrolador e a montagem do circuito de reset. Além disso você entenderá de verdade o que o microcontrolador precisa obrigatoriamente para funcionar (alimentação estável, clock, reset em nível definido, capacitores de desacoplamento, etc.) e o que é opcional e fornecido pelo Arduino apenas como um “conforto” para o usuário (conversor USB-Serial, LEDs, etc.).
- **Eficiência energética:** a placa do Arduino possui componentes que constantemente consomem energia (LEDs, conversor USB-Serial) mesmo que seu código não esteja fazendo nada. Ao eliminar todos os componentes não essenciais e configurar corretamente o microcontrolador (usando o modo de *sleep*) você pode fazer seu Arduino Standalone funcionar por vários meses usando apenas duas pilhas AA (um Arduino completo acabaria com as pilhas em alguns dias).
- **Custo e permanência:** imagine que você criou um pequeno sistema de automação para o portão da garagem de sua casa. Você deixaria seu Arduino preso lá no portão para sempre? Correndo o risco de um fio se desconectar com o tempo? Você vai perder uma placa relativamente cara e que tem diversas outras possibilidades de usos além do portão? Provavelmente não. O melhor é que você utilize apenas o microcontrolador e os componentes básicos para fazer seu sistema de automação funcionar e, ao montar o Arduino Standalone, você aprenderá a como fazer isso.

- **Transição para o produto final:** nenhum produto final acabado tem um Arduino colado dentro dele. Produtos reais utilizam apenas o microcontrolador e os demais componentes eletrônicos soldados em uma placa de circuito impressa (PCB¹) fabricada profissionalmente. Aprender a montar um Arduino Standalone é um passo intermediário obrigatório para que, no futuro, você aprenda a projetar suas próprias PCB profissionais. Você entenderá na prática a diferença entre uma placa de desenvolvimento e a versão de produção final.
- **Flexibilidade:** ao usar o microcontrolador independente você não fica preso aos 5,0 V e 16 MHz do Arduino: você pode rodar o chip em 3,3 V e se comunicar com sensores modernos sem conversores de nível, ou pode usar o clock interno de 8 MHz do microcontrolador e liberar mais dois pinos digitais extras para uso.
- **Entendimento do datasheet:** para entender certas funções mais avançadas do microcontrolador você será forçado a ler o datasheet e procurar coisas como os tipos de clock possíveis, configuração de fuses e a organização dos pinos.
- **Liberdade de forma e conectores:** ao usar o Arduino você é obrigado a utilizar os conectores pin header fêmea que, apesar de bons para prototipagem, são ruins para o produto final (não oferecem fixação segura dos fios jumper). Com o microcontrolador independente você é quem decide qual o tamanho e o formato da placa final, e quais serão os conectores mais adequados para seu produto (bornes de parafuso, conectores Molex e outros).
- **Exercício de engenharia:** montar um Arduino Standalone lhe proporcionará um exercício de engenharia de sistemas embarcados completo pois você precisará montar e/ou entender a parte elétrica (fonte, reguladores, capacitores, proteções), a parte digital (clock, reset, sinais de entrada/saída, interface com sensores e atuadores), o firmware (fuses, bootloader, programação ISP², debug), documentação (projeto esquemática, projeto da PCB) e fabricação do seu produto final.

Em resumo, ao montar seu próprio Arduino Standalone você estará dando seus primeiros passos para se tornar um verdadeiro engenheiro de sistemas embarcados. Obviamente esse é um objetivo ambicioso demais para ser tratado em uma pequena série de artigos como esta, então resolvi me limitar aqui aos aspectos básicos e mais simples de criar um Arduino Standalone na esperança de que munido desta base você seja capaz de aprender cada vez mais sobre sistemas embarcados e o fantástico mundo dos microcontroladores.

Neste primeiro artigo faremos a montagem básica do Arduino Standalone, ou seja, a montagem inicial do microcontrolador na PCB, incluindo a fonte de alimen-

¹Printed Circuit Board (PCB).

²In-System Programming (ISP), também chamado por In-Circuit Serial Programming (ICSP).

tação, o circuito de reset, e o circuito de clock externo. Meu objetivo é que este artigo seja um tutorial completo e detalhado o suficiente para você montar seu microcontrolador independente de forma segura³. Alguns pressupostos que estou assumindo:

- Montaremos um Arduino Standalone usando o microcontrolador Microchip ATmega328P-PU, que é o utilizado no Arduino Uno.
- Utilizaremos como fonte de alimentação uma bateria ou fonte de 9 V, conectada diretamente à protoboard.
- Nossa montagem será a mais fiel possível ao Arduino Uno⁴.

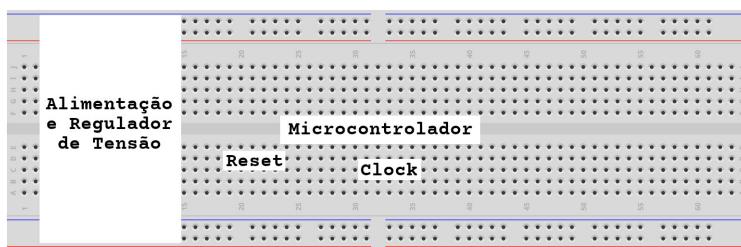
2 Materiais

Nosso Arduino Standalone terá, na protoboard, os seguintes grandes componentes:

1. **Alimentação:** usaremos uma bateria ou fonte de alimentação de 9 V mas o ATmega328P suporta, no máximo 5,5 V. Precisaremos então de um circuito regulador de tensão que receba os 9 V e entregue 5 V para o microcontrolador.
2. **Microcontrolador:** é o ATmega328P em si. Você pode remover o microprocessador do Arduino, ou comprar um novo.
3. **Clock externo:** usaremos um circuito de clock externo de 16 MHz com um cristal oscilador.
4. **Circuito de reset:** um botão na protoboard permitirá que o microcontrolador seja reiniciado rapidamente, sem a necessidade de desconectar a fonte de energia.

A organização desses grandes componentes na protoboard será aproximadamente a exibida na Figura 1, a seguir:

Figura 1: Organização geral dos componentes



³Este artigo é, na verdade, o tutorial que eu queria ter tido acesso quando eu tentei montar um Arduino Standalone pela primeira vez.

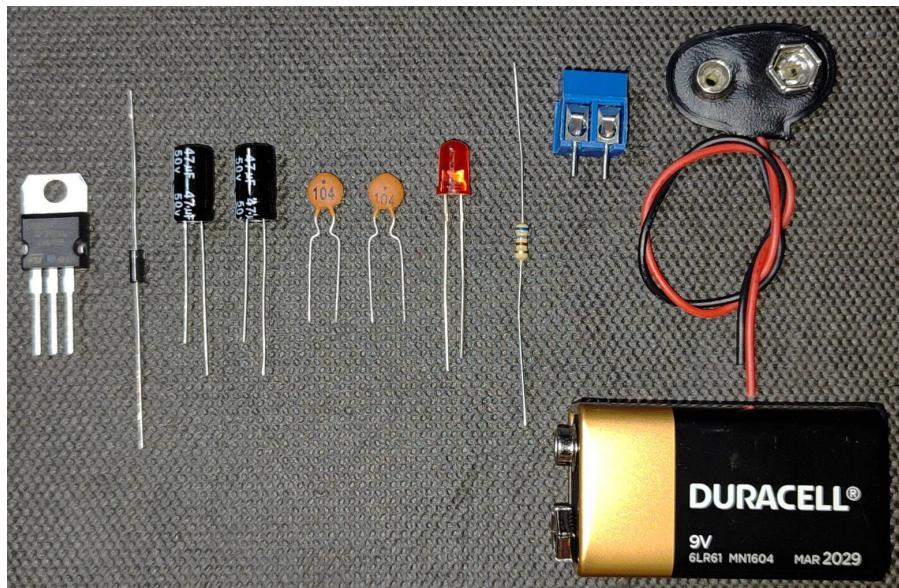
⁴Este item parece um contra-senso pois acabamos de citar todas as vantagens de abandonar o Arduino e usar o microcontrolador independente. Sim, isso é meio que um contra-senso mesmo, mas estou partindo do pressuposto que você está montando seu primeiro Arduino Standalone e manter a arquitetura o mais próxima possível do Arduino, nesse momento, facilitará sua aprendizagem.

Os materiais e componentes necessários são os seguintes:

- **Alimentação:** a lista a seguir e a Figura 2 mostram os componentes que utilizaremos para a alimentação do microcontrolador. Alguns itens são opcionais mas recomendados neste estágio inicial de seu aprendizado.

- 1 regulador linear de tensão L7805CV
- 1 diodo 1N4007
- 2 capacitores eletrolíticos de $47 \mu\text{F}$
- 2 capacitores cerâmicos de 100nF
- 1 LED vermelho de 5 mm (opcional, apenas para indicar que a protoboard está energizada)
- 1 resistor de 680Ω (opcional, apenas para indicar que a protoboard está energizada)
- 1 conector borne de duas vias
- 1 clip para bateria de 9 V e 1 bateria de 9 V

Figura 2: Componentes para a alimentação



Se você não quiser usar uma bateria, pode utilizar uma fonte de alimentação de 9 V (1 A)⁵, com um adaptador com borne de duas vias conforme a Figura 3 (na página 6), para conectar a fonte à protoboard. Para mantermos nosso Arduino Standalone o mais portátil possível usaremos uma bateria comum mesmo.

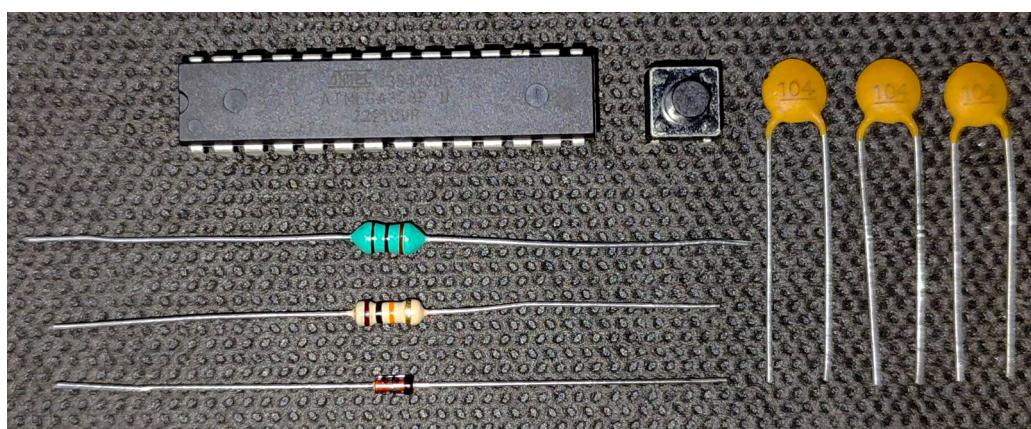
⁵Estou usando uma fonte que fornece corrente de até 1 A, mas você pode utilizar qualquer outra fonte de 9 V que tiver disponível.

Figura 3: Alternativa para alimentação



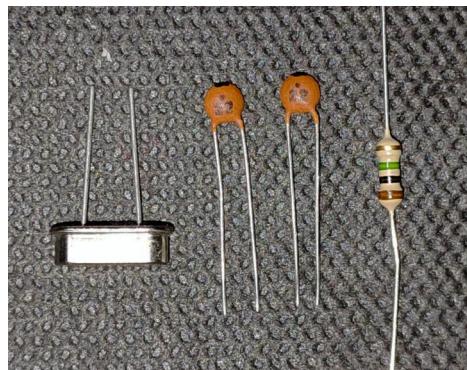
- **Microcontrolador e circuito de reset:** precisaremos dos materiais ilustrados na lista abaixo (e na Figura 4):
 - 1 microcontrolador ATmega328P-PU (você pode retirar, com muito cuidado, o microcontrolador de sua placa Arduino atual, ou comprar um novo microcontrolador)
 - 1 indutor axial de $10\ \mu\text{H}$
 - 1 resistor de $10\ \text{k}\Omega$
 - 1 diodo 1N4148
 - 3 capacitores cerâmicos de $100\ \text{nF}$
 - 1 push button

Figura 4: ATmega328P-PU e circuito de reset



- **Clock externo:** para montar o circuito de clock precisamos dos materiais a seguir (ilustrados na Figura 5):
 - 1 cristal oscilador de 16 MHz
 - 2 capacitores cerâmicos de 22 pF
 - 1 resistor de 1 MΩ

Figura 5: Clock externo



Além dos materiais e componentes principais listados anteriormente, também será necessário uma protoboard de 830 furos (eu prefiro os modelos que têm quatro linhas de energia separadas), ferramentas diversas (alicates de corte, decapadores de fio, alicates de bico fino, pinças) e, se disponível, um multímetro para verificar tensão, corrente e resistência (Figura 6):

Figura 6: Ferramentas úteis



Por fim precisamos de fios para as conexões na protoboard e aqui há uma regra clara: **não use fios jumper flexíveis**, como aqueles que são comumente utilizados em kits de Arduino para iniciantes. Fios jumper flexíveis são grandes, ficam sobrando e fazem uma tremenda confusão da protoboard. Para montar um Arduino Standalone de modo “profissional” precisamos usar **fios rígidos sólidos** para eletrônica, com bitola entre 24 AWG⁶ e 22 AWG (entre 0,511 mm e 0,644 mm). Tenha sempre à mão um estoque de diferentes cores desses fios rígidos, conforme a Figura 7 abaixo:

Figura 7: Fios rígidos 22 AWG



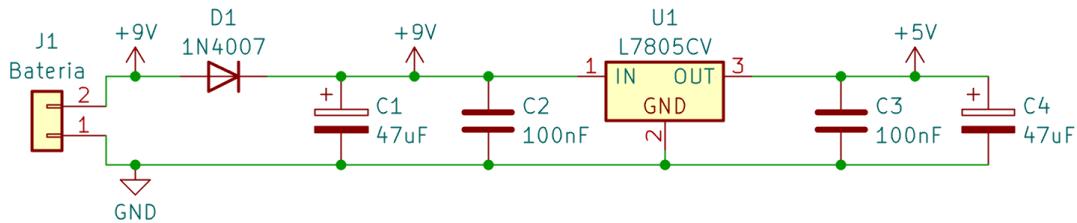
3 Montagem

3.1 Alimentação

A primeira cosia que montaremos na protoboard é o circuito regulador de tensão, que receberá os 9 V da bateria e fornecerá 5 V para alimentar o microcontrolador e demais componentes. O esquema desse circuito regulador está apresentado na Figura 8:

⁶*American Wire Gauge (AWG)*: é uma escala logarítmica americana para a identificação das bitolas de fios rígidos, especialmente os fios utilizados em eletrônica.

Figura 8: Circuito regulador de tensão



O diodo D1 (1N4007) é uma proteção contra polaridade reversa. Se você inadvertidamente conectar a bateria ao contrário, o diodo bloqueará a corrente impedindo que ela fluia para o regulador L7805CV e para o resto do circuito (potencialmente queimando os componentes). Esse diodo causa uma queda de tensão de até 1,1 V dependendo do modelo e do fabricante⁷.

Os capacitores eletrolíticos de 47 μ F atuam fazendo filtragem de ruídos de baixa freqüência e como reservatório de energia (nessa função costumam ser chamados de *bulk capacitors*). O capacitor C1 (na entrada) garante que a tensão na entrada do regulador L7805CV permaneça estável mesmo se a bateria tiver uma queda momentânea de tensão. Já o capacitor C4 (na saída) melhora a resposta a transientes de carga e evita que a tensão de 5 V caia bruscamente (por exemplo, se um módulo que de repente puxa mais corrente).

Os capacitores cerâmicos de 100 nF atuam como capacitores de desacoplamento e fazem filtragem de ruídos de alta freqüência. O capacitor C2 (na entrada) filtra ruídos que venham da bateria, diodo ou fios. Já o capacitor C3 (na saída) filtra ruídos que venham do L7805CV ou da própria carga. Esses capacitores devem ser localizados o mais próximo possível do L7805CV e atual como um reservatório de energia local de resposta rápida.

O L7805CV é um regulador linear de tensão que aceita de 7 V a 25 V na entrada, fornece 5 V na saída, suporta correntes de até 1,5 A, e conta com mecanismos de proteção contra sobrecarga térmica (se ele esquentar demais ele “desliga”) e contra curtos circuitos. Ele é um regulador excelente para projetos de Arduino Standalone e pequenos projetos de sistemas embarcados de iniciantes, mas tem uma desvantagem: ele precisa dissipar bastante calor e pode esquentar muito dependendo da carga que será consumida no circuito. O cálculo da potência (em Watt) que o regulador precisará dissipar é dado por:

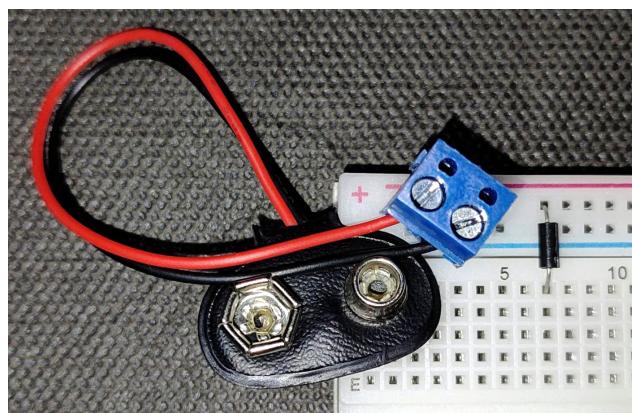
$$P = (T_i - T_o) \times I, \quad (1)$$

onde P é potência em Watt, T_i é a tensão na entrada, T_o é a tensão na saída e I é a corrente consumida em seu projeto (tensões em Volt e corrente em Ampere). Voltaremos a isso posteriormente.

⁷Note que devido à queda de tensão causada pelo diodo D1, a tensão indicada entre os capacitores C1 e C2 (+9 V) não é totalmente correta, deveria ser algo em torno de 8 V. Em nome da simplicidade e para deixar a explicação mais didática, preferi deixar o circuito com essa pequena imprecisão.

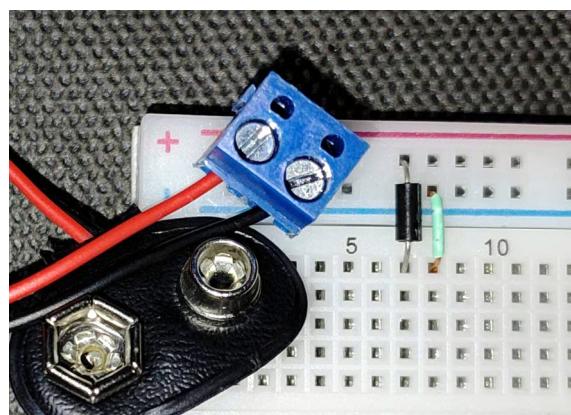
Inicie a montagem parafusando o clip da bateria no conector borne de duas vias, e coloque o borne na protoboard verificando corretamente se os polos positivos e negativos do borne estão alinhados com as trilhas vermelha e azul da protoboard (não coloque a bateria ainda). Depois coloque o diodo 1N4007 conectando a trilha positiva a uma linha da protoboard (lembre-se de que o diodo é polarizado, você precisa colocar o ânodo⁸ do diodo na trilha positiva de 9 V e o cátodo em uma linha da protoboard) conforme a Figura 9:

Figura 9: Borne e diodo



Depois, com um fio rígido, faça uma conexão entre a trilha negativa a uma linha da protoboard ao lado do diodo, conforme a Figura 10:

Figura 10: Conexão do *ground* (GND)

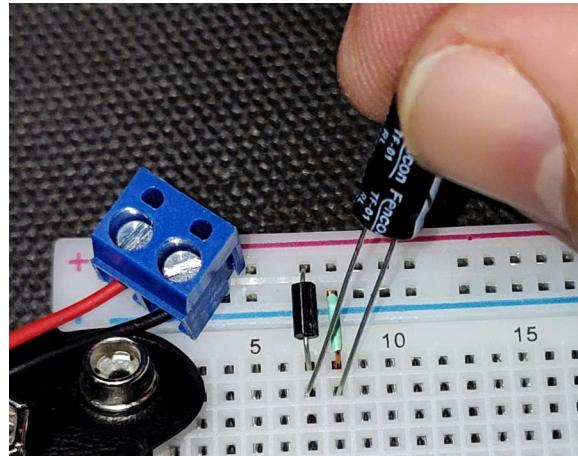


O próximo passo é conectar os capacitores de entrada. Coloque o capacitor eletrólítico de 47 μF na protoboard, conectando o ânodo do capacitor com o cátodo do

⁸Lembre-se de que o **ânodo** é o polo positivo e o **cátodo** é o polo negativo. O ânodo do diodo 1N4007 é o lado sem nenhuma marcação, e o cátodo é o lado que contém uma pequena faixa branca ou cinza.

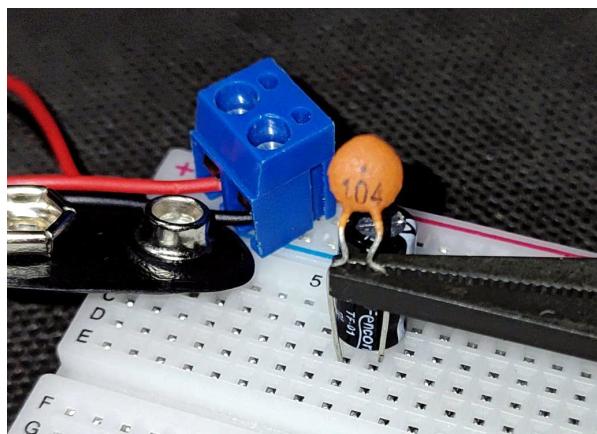
diodo, e o cátodo do capacitor na mesma linha do GND da protoboard, conforme a Figura 11. Cuidado ao fazer essa conexão pois capacitores eletrolíticos são polarizados e uma conexão invertida pode até causar uma pequena explosão (o cátodo do capacitor é indicado por uma faixa branca com sinais negativos).

Figura 11: Capacitor 47 μ F de entrada



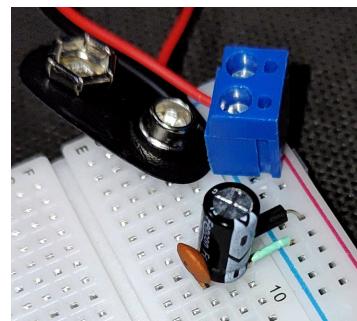
Agora devemos conectar o capacitor cerâmico de 100 nF de entrada. Esse capacitor não é polarizado e pode ser colocado de qualquer lado, conforme a Figura 12:

Figura 12: Capacitor 100 nF de entrada



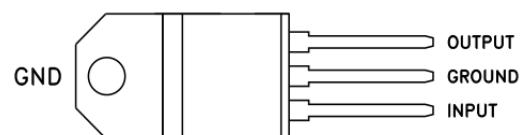
O resultado até aqui, com a colocação dos capacitores de entrada, está mostrado na Figura 13 (página 12).

Figura 13: Capacitores de entrada



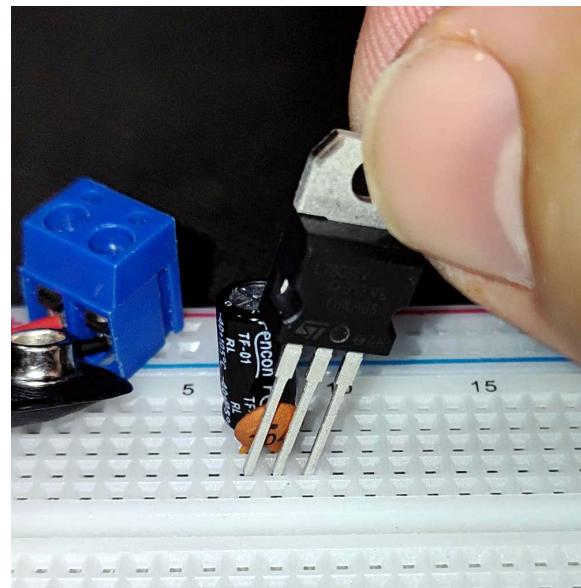
O próximo passo é colocar o regulador L7805CV. Conforme o *datasheet* do meu regulador os pinos são dispostos como na Figura 14 (talvez você tenha que conferir a pinagem do modelo exato do regulador que você está utilizando; na dúvida consulte o *datasheet*).

Figura 14: Pinos do L7805CV



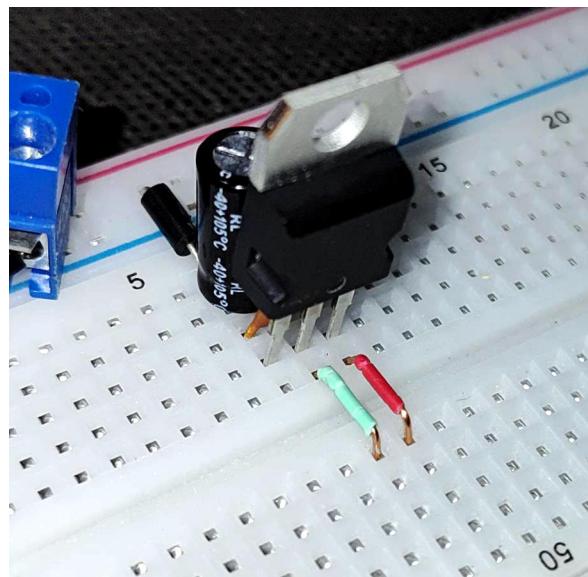
Para a colocação do L7805CV na protoboard: alinhe o pino de *input* do regulador com a linha de 9 V, e o pino de *ground* do regulador com a linha GND, conforme a Figura 15:

Figura 15: Regulador L7805CV



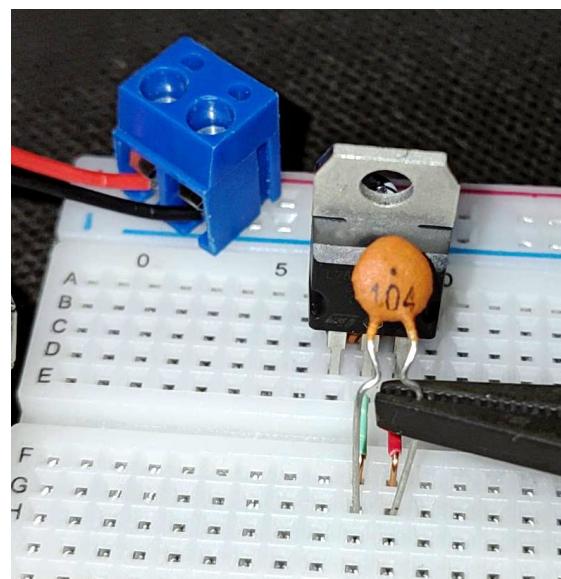
Para termos mais espaço para trabalhar, vamos conectar o GND e a saída de 5 V do regulador no outro lado da protoboard, conforme a Figura 16:

Figura 16: GND e 5 V



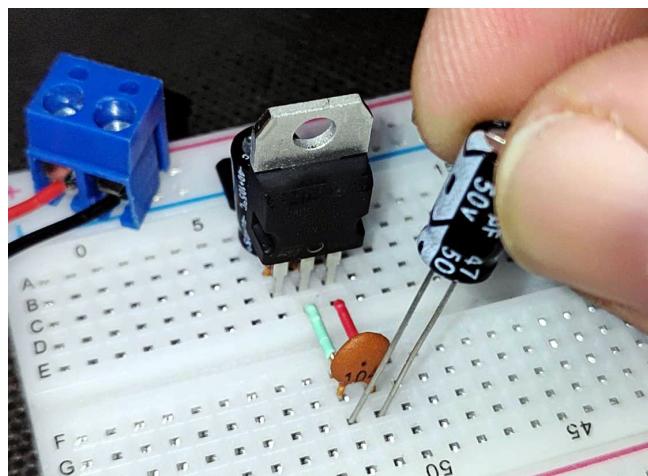
Coloque agora mais um capacitor cerâmico de 100 nF entre o GND e o 5 V, conforme a Figura 17. Idealmente esse capacitor deveria ficar o mais próximo possível do regulador de tensão mas pela falta de espaço na protoboard vamos deixá-lo do outro lado mesmo.

Figura 17: Capacitor de 100 nF da saída



O segundo capacitor eletrolítico de $47 \mu\text{F}$ deve ser colocado agora. Alinhe o ânodo do capacitor com a linha de 5 V e o cátodo do capacitor com a linha de GND, conforme a Figura 18:

Figura 18: Capacitor $47 \mu\text{F}$ de saída



Agora use fios rígidos para conectar a saída de 5 V e o GND do regulador de tensão às trilhas vermelha e azul da protoboard, conforme a Figura 19 e a Figura 20:

Figura 19: Alimentação de 5 V da protoboard

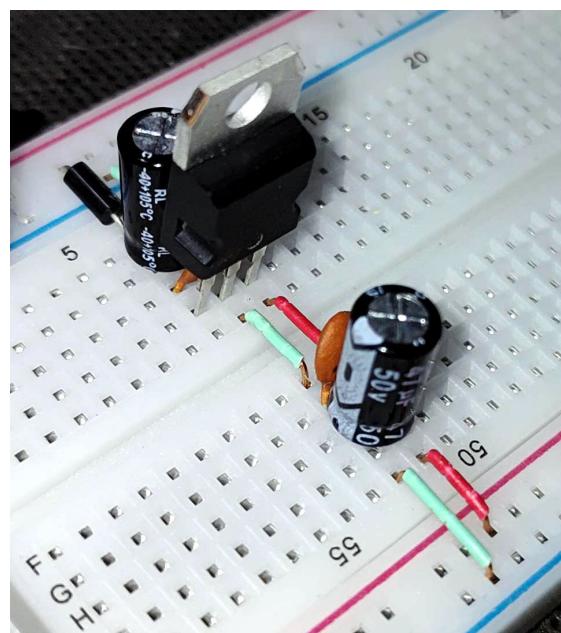
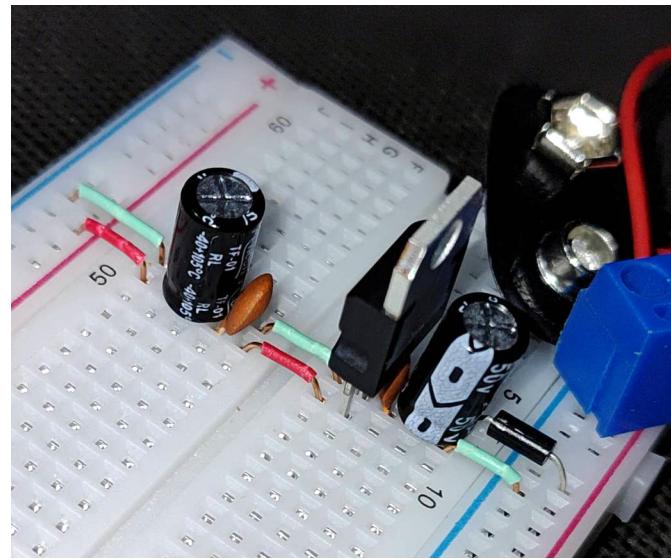
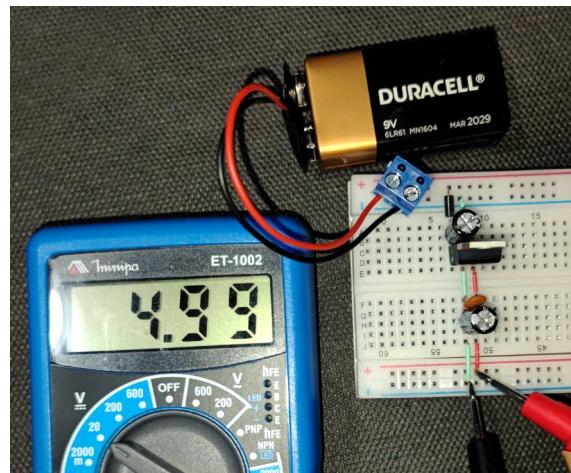


Figura 20: Alimentação de 5 V da protoboard



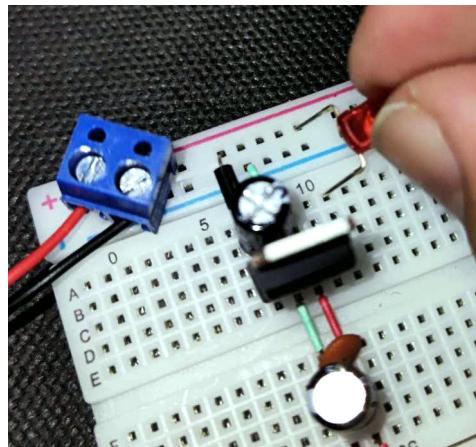
Coloque a bateria e verifique se as conexões estão corretas com um multímetro: ao medir a tensão na trilha inferior da protoboard, você deve obter 5 V conforme a Figura 21 (a tensão medida, de 4,99 V está dentro da margem de tolerância do regulador).

Figura 21: Verificação da tensão



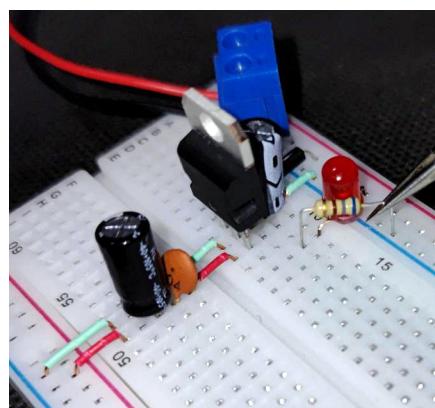
Agora já temos o circuito regulador de tensão montado e funcionando perfeitamente. Um pequeno inconveniente desse circuito é que não há nenhuma indicação visual de que o circuito está energizado. Assim, como um refinamento opcional, vamos colocar um LED indicativo de que o circuito está energizado e ligado. Coloque o ânodo do LED diretamente na trilha de 9 V da protoboard e o cátodo do LED em uma linha vazia conforme a Figura 22:

Figura 22: LED indicativo



Agora vamos colocar o resistor de $680\ \Omega$ entre o cátodo do LED e a trilha de GND da protoboard, conforme a Figura 23:

Figura 23: Resistor do LED



Esse resistor serve para limitar a corrente que percorrerá o LED que, segundo as especificações do *datasheet*, suporta correntes de até 20 mA com uma *voltage forward* de 2,1 V. A corrente que percorre o LED será então de:

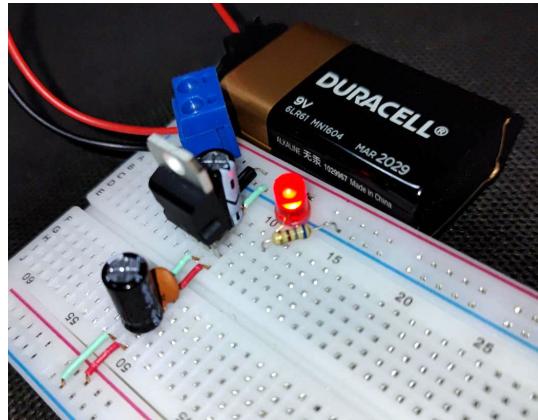
$$I = \frac{V}{R} = \frac{9,0 - 2,1}{680} = \frac{6,9}{680} \approx 10 \text{ mA} \quad (2)$$

A corrente de 10 mA é segura para o LED mas representa um consumo de bateria a mais para o projeto (uma bateria alcalina comum tem capacidade entre 400 mA h a 600 mA h e o LED iria esgotar a bateria entre 40 h a 60 h). Se você não precisa ou não quer esse consumo extra, você pode remover o LED completamente. Particularmente eu gosto de uma indicação visual de que o circuito está energizado.

Uma alternativa para diminuir o consumo da bateria é colocar resistores maiores para diminuir a corrente que percorre esse LED.

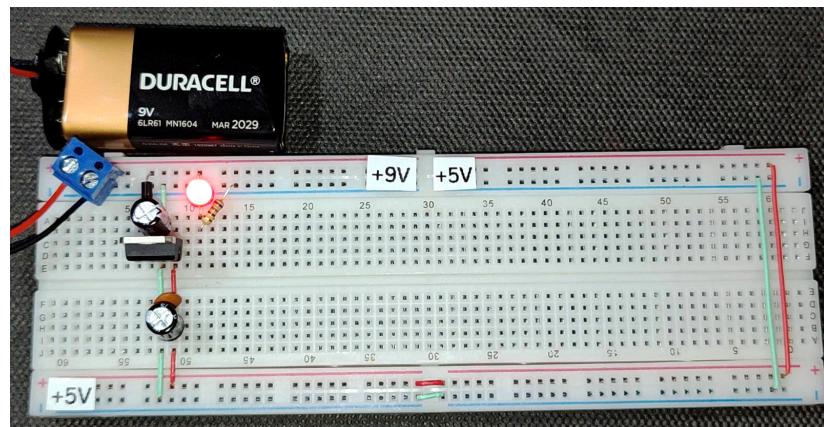
O circuito de alimentação está quase terminado. Coloque a bateria e verifique se o LED está funcionando conforme a Figura 24:

Figura 24: Regulador com LED indicativo



Por fim, como estou usando uma protoboard com quatro trilhas de alimentação independente, conectei as trilhas onde quero disponibilizar 5 V e coloquei pequenas etiquetas para identificar as tensões. A protoboard com o circuito de alimentação finalizado está mostrada na Figura 25.

Figura 25: Circuito de alimentação finalizado



Ainda é possível fazer algumas outras pequenas melhorias no circuito de alimentação como, por exemplo, colocar um diodo adicional entre os pinos de *input* e *output* do regulador (para proteger contra tensão reversa) ou acrescentar outros diodos em série com o diodo D1 para diminuir a tensão que o regulador recebe. Entretanto essas melhorias são opcionais para esse nosso pequeno projeto e, por isso, não serão feitas.