

# Introdução a Engenharia Elétrica - 323100

## Aula S3

---

## Módulo 3 – GPIO como entradas digitais

---

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamentos da Engenharia Elétrica



PCS Computação e Sistemas Digitais

PEA Energia e Automação Elétricas

PSI Sistemas Eletrônicos

PTC Telecomunicações e Controle

V1.4

Agosto de 2018



# Sumário

- 1. Lei de Ohm e instrumentos de medição.**
2. Protoboard, medidas elétricas e sinais digitais.
3. Aplicação com o microcontrolador.

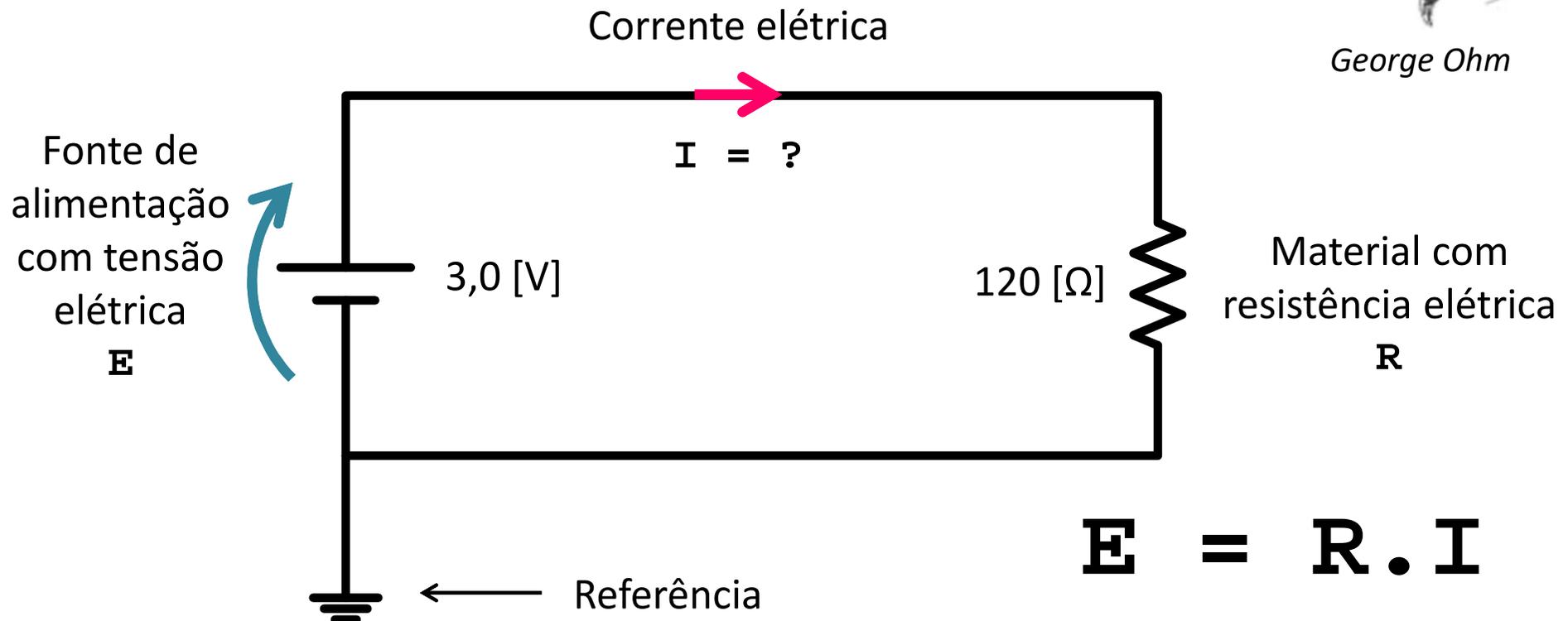


# Lei de Ohm

- Um material, quando submetido a uma certa tensão elétrica contínua, permite a passagem de uma certa quantidade de corrente elétrica. A razão entre tal tensão e corrente é denominada de resistência elétrica, medida em Ohms [ $\Omega$ ].



George Ohm

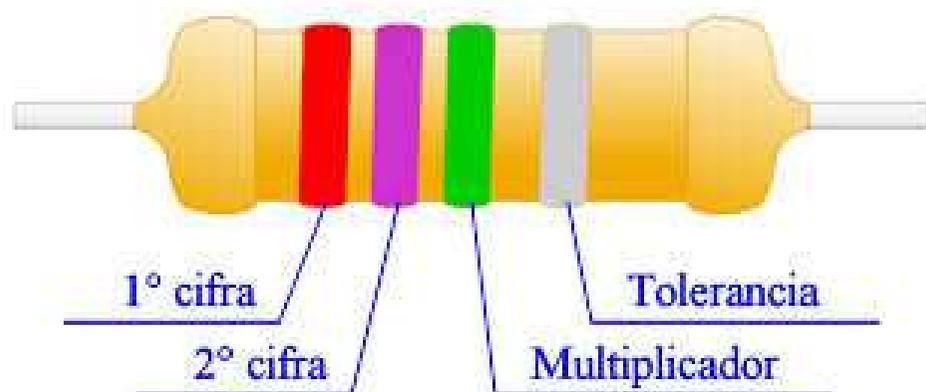




# Conhecendo um resistor



- Alguns tipos tem o valor de sua resistência identificados por um código em faixas coloridas.



Cifra	Multiplicador
<b>Preto 0</b>	<b>1</b>
<b>Marrom 1</b>	<b>10</b>
<b>Vermelho 2</b>	<b>100</b>
<b>Laranja 3</b>	<b>1000</b>
<b>Amarelo 4</b>	<b>10000</b>
<b>Verde 5</b>	<b>10E+5</b>
<b>Azul 6</b>	<b>10E+6</b>
<b>Violeta 7</b>	<b>10E+7</b>
<b>Cinza 8</b>	<b>10E+8</b>
<b>Branco 9</b>	<b>10E+9</b>

Tolerância
<b>Ouro ±5%</b>
<b>Prata ±10%</b>

Detalhe de um resistor PTH de 1/8W e tol. de 5%



Vários tipos e tamanhos



Resistor de carbono



Resistores para aplicações Shunt



Resistor de maior potência



Resistor SMD





# Instrumentos de medição

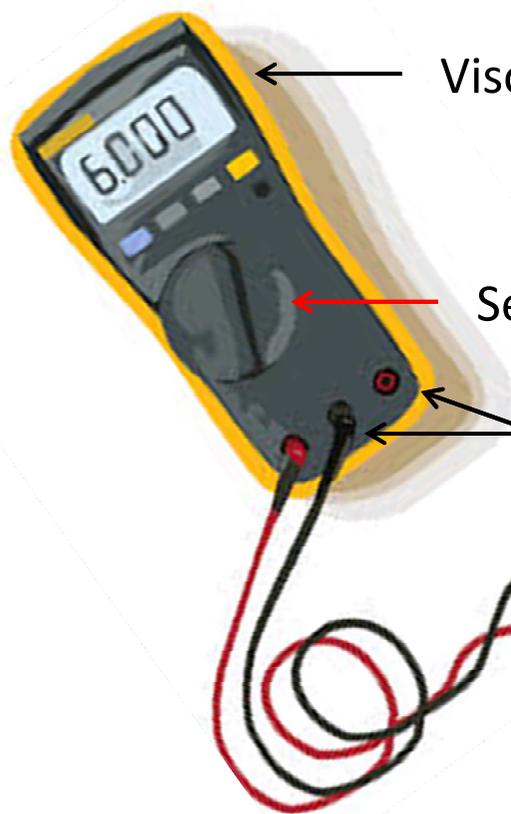
- George Ohm realizou experimentos empíricos para verificar sua teoria, com aparatos complicados para medir tensão e corrente.
- Atualmente dispõe-se de vários instrumentos para o propósito de medições elétricas.





# Multímetro digital

- Mede tensões, correntes, resistências, frequências, capacitâncias, ganhos, temperaturas, ...
- Vários tipos, fabricantes, funcionalidades, tamanhos e custos.



← Visor para leitura direta

← Seletor de funções e escalas de medição

← Bornes para conexão das pontas de prova

← Ponta de prova preta

← Ponta de prova vermelha

**Pontas de prova são colocadas nos pontos onde deseja-se efetuar as medidas**





## Cuidados

- Segurar as pontas de prova apenas pelas partes isoladas.
- Não tocar nas partes metálicas.
- Durante as medições em um circuito energizado, deve-se manter as pontas de prova afastadas uma da outra para evitar curto-circuitos.





## Multímetro para medição de resistência

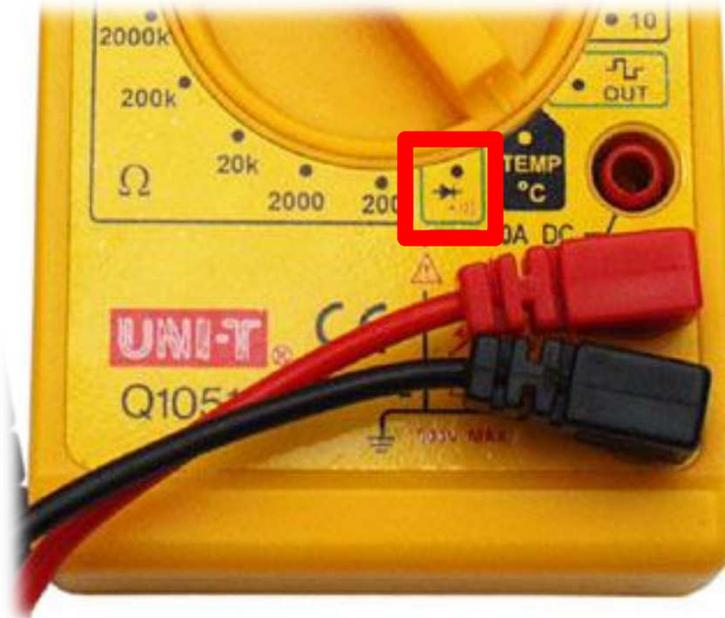
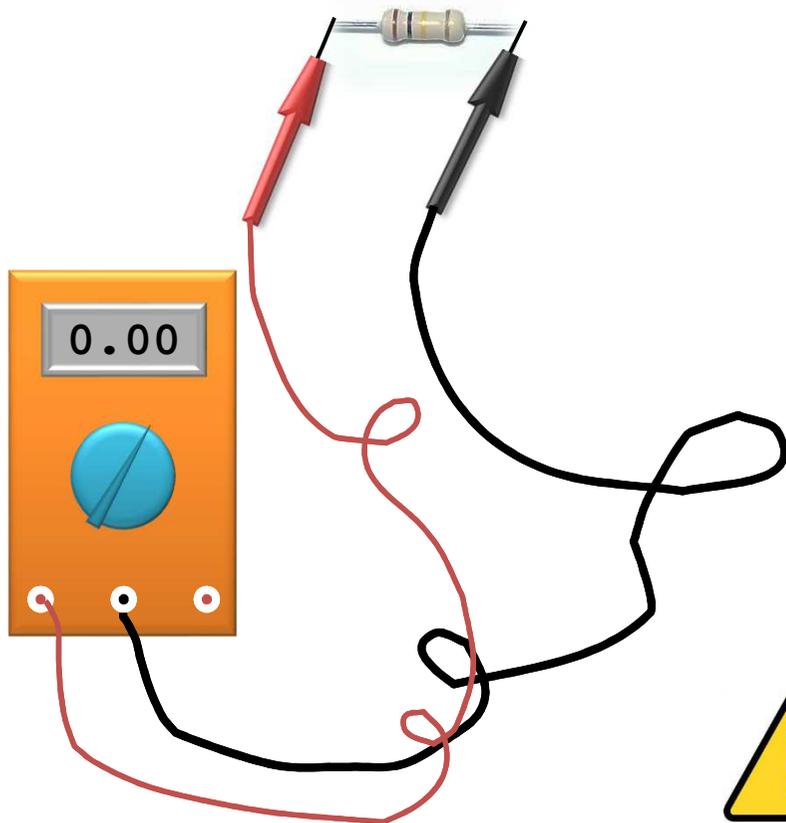
- Ajuste um multímetro para leitura de resistência elétrica, em uma faixa até 200  $[\Omega]$ .
- A ponta de prova preta, ficará ligada no multímetro no borne ou terminal COMUM ou COM.
- A ponta de prova vermelha ficará ligada no multímetro no terminal multifuncional denominado V/  $\Omega$  (para tensão ou resistência).





## Atividade

- Medir a resistência elétrica dos resistores fornecidos para a aula.



- Para a verificação de continuidade elétrica (pequenos valores de resistência), o multímetro conta com uma função que fornece um sinal sonoro, indicando a presença de continuidade elétrica. Teste essa função com os fios elétricos fornecidos.



**Atenção: **Jamais** tente medir resistência elétrica ou continuidade de um circuito energizado!!!!**





# Multímetro para medição de tensões elétricas

- Ajuste um multímetro para leitura de tensões elétricas, em corrente contínua, até uma faixa de 20,0 [V].
- A ponta de prova preta, ficará ligada no multímetro no borne ou terminal COMUM ou COM.
- A ponta de prova vermelha ficará ligada no multímetro no terminal multifuncional denominado V (para tensão).



**Atenção:** Assegure-se que as pontas de prova estão conectadas aos terminais corretos do multímetro!!!





## Fonte de alimentação de bancada

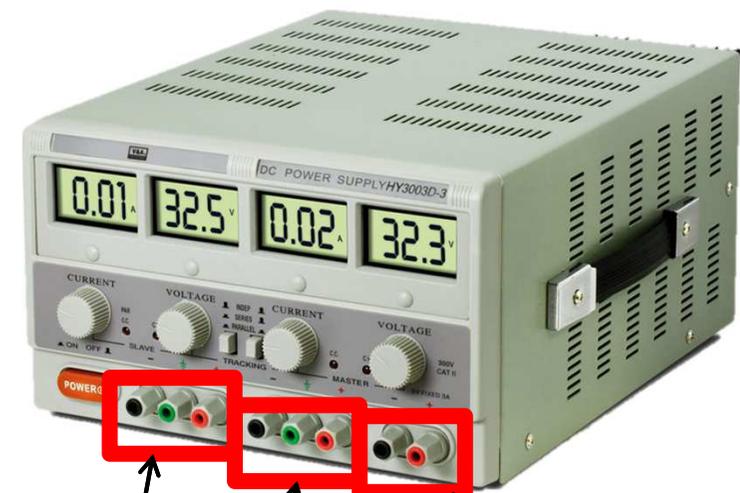
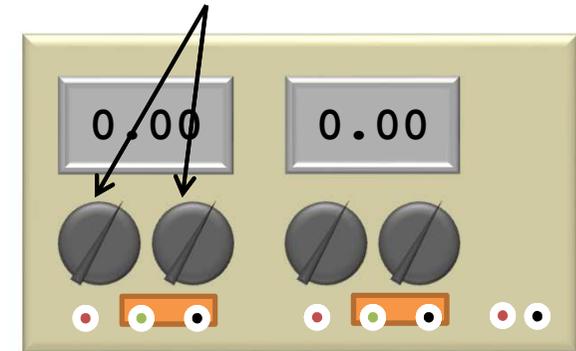
- Ao invés de um suporte de pilhas, os alunos poderão usar uma fonte ajustável de bancada.
- Essa fonte pode possuir mais de uma saída, com ajuste da tensão máxima e da corrente máxima que podem ser fornecidas ao equipamento sob teste.
- Peça ajuda ao professor para ajustar sua fonte. Mantenha a tensão em 3,0 [V].



Uma vez ajustada, cuidado para não alterar seus parâmetros!!!



Ajustes dos limites de tensão e corrente



Saída 1

Saída 2

Saída 3  
Não ajustável



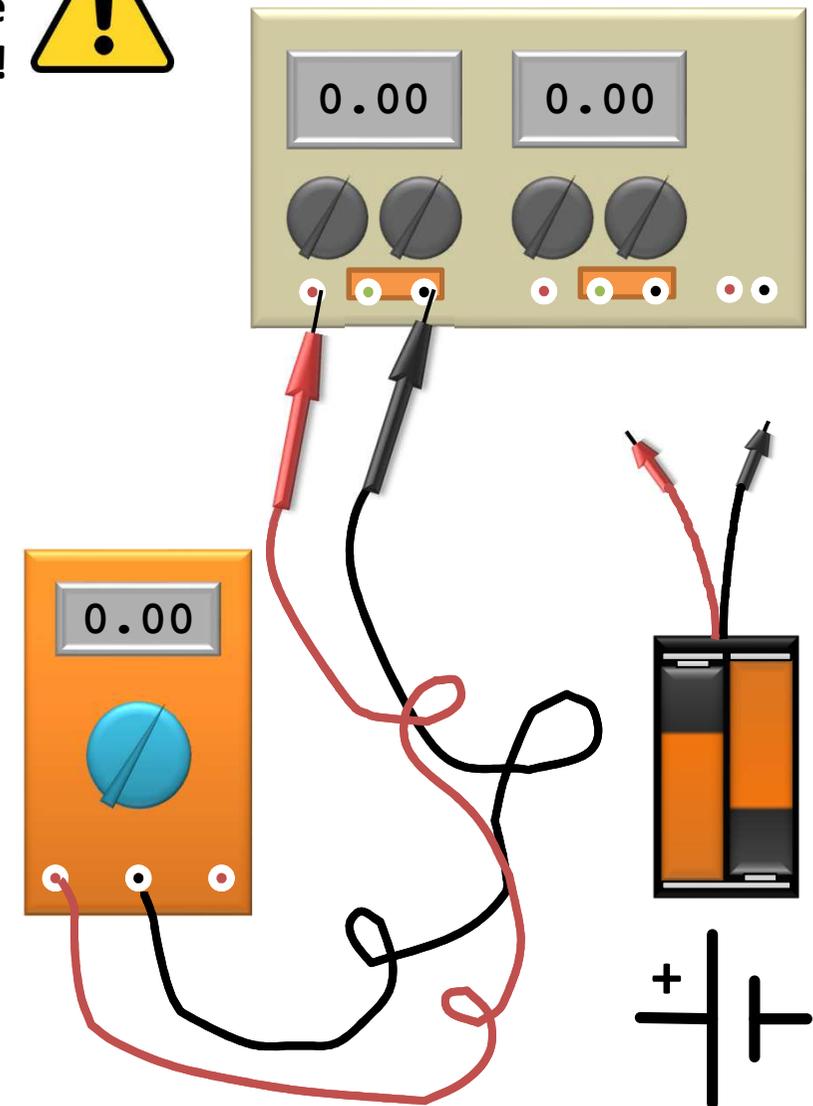
## Atividade



**Atenção:** Assegure-se que o multímetro está na função de medição de tensões elétricas!



- Medir a tensão de uma fonte de alimentação ajustável ou um de conjunto de pilhas.
  - Aplique as pontas de prova aos terminais de saída da fonte
    - Ponta vermelha no terminal vermelho ou positivo.
    - Ponta preta no terminal preto ou negativo.
- No caso da fonte, verifique se sua tensão está ajustada para 3,0 [V].
- Veja o que ocorre quando se inverte a posição das pontas de prova na saída da fonte ou das pilhas.



**Atenção:** Depois de ajustada não varie mais a tensão na fonte de alimentação.



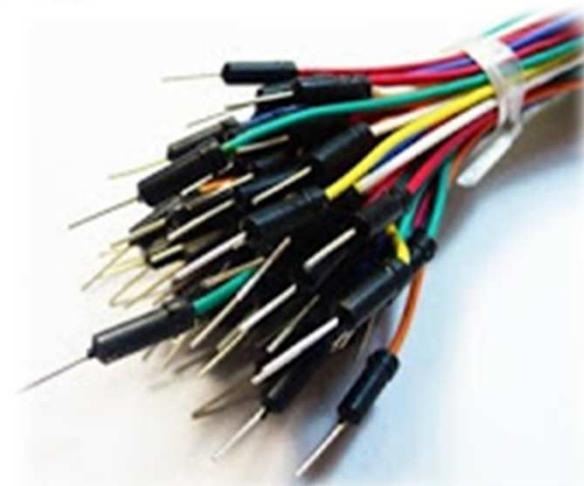
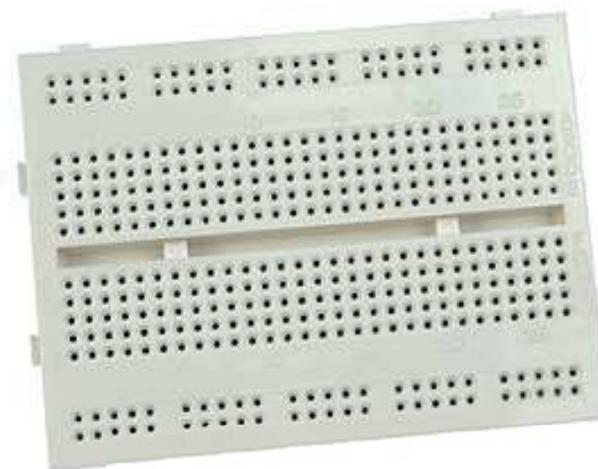
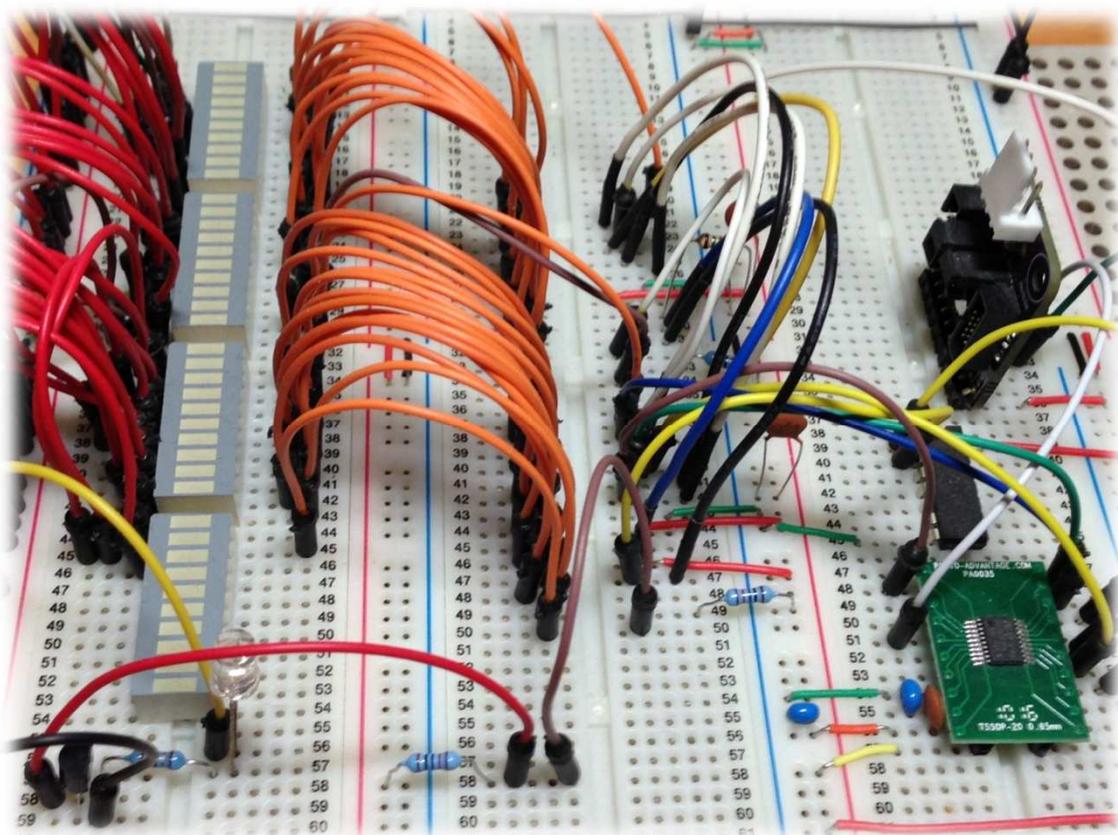
# Sumário

1. Lei de Ohm e instrumentos de medição.
- 2. Protoboard, medidas elétricas e sinais digitais.**
3. Aplicação com o microcontrolador.



# Protoboard ou placa de prototipagem

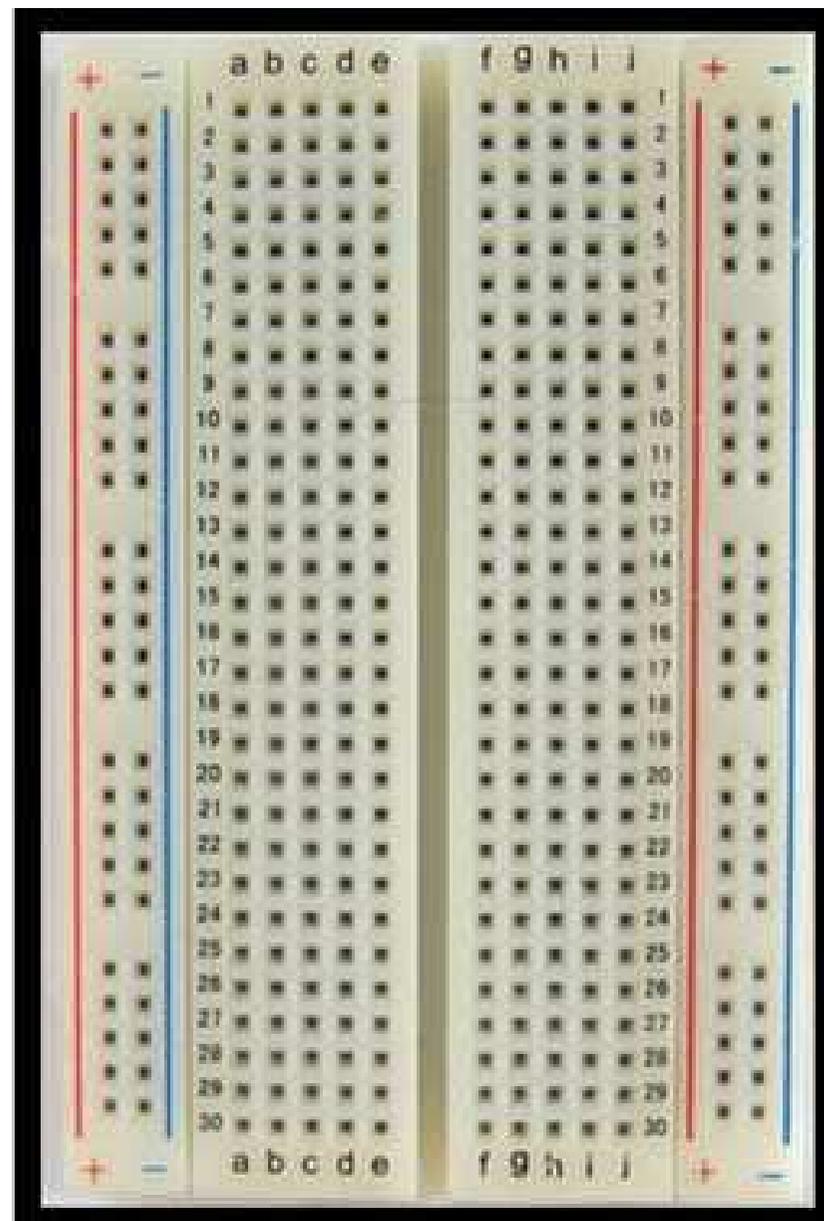
- Permite a montagem rápida de circuitos elétricos, através do uso de componentes, fios e conexões, inseridos em uma **matriz de contatos**.





# Visão geral

- Existem orifícios para conexão de componentes e fios elétricos.
- Algumas regiões são usadas para concentrar vias de alimentação e outras para uso geral de componentes.
- Existem ligações internas entre alguns dos orifícios dispostos em uma mesma linha ou coluna.
- Vários modelos e configurações.

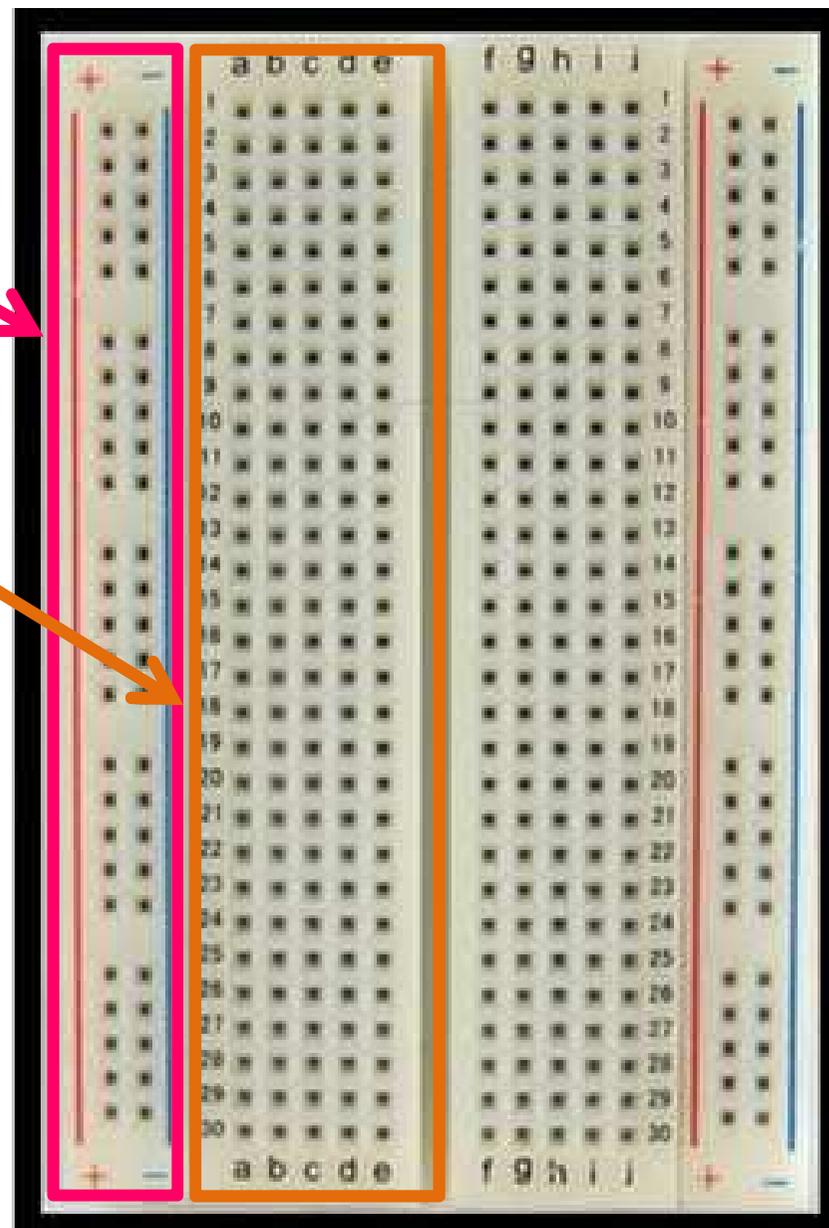




# Regiões e locais para conexão

Local ou barramento para vias de alimentação

Local ou barramentos para aplicação de componentes



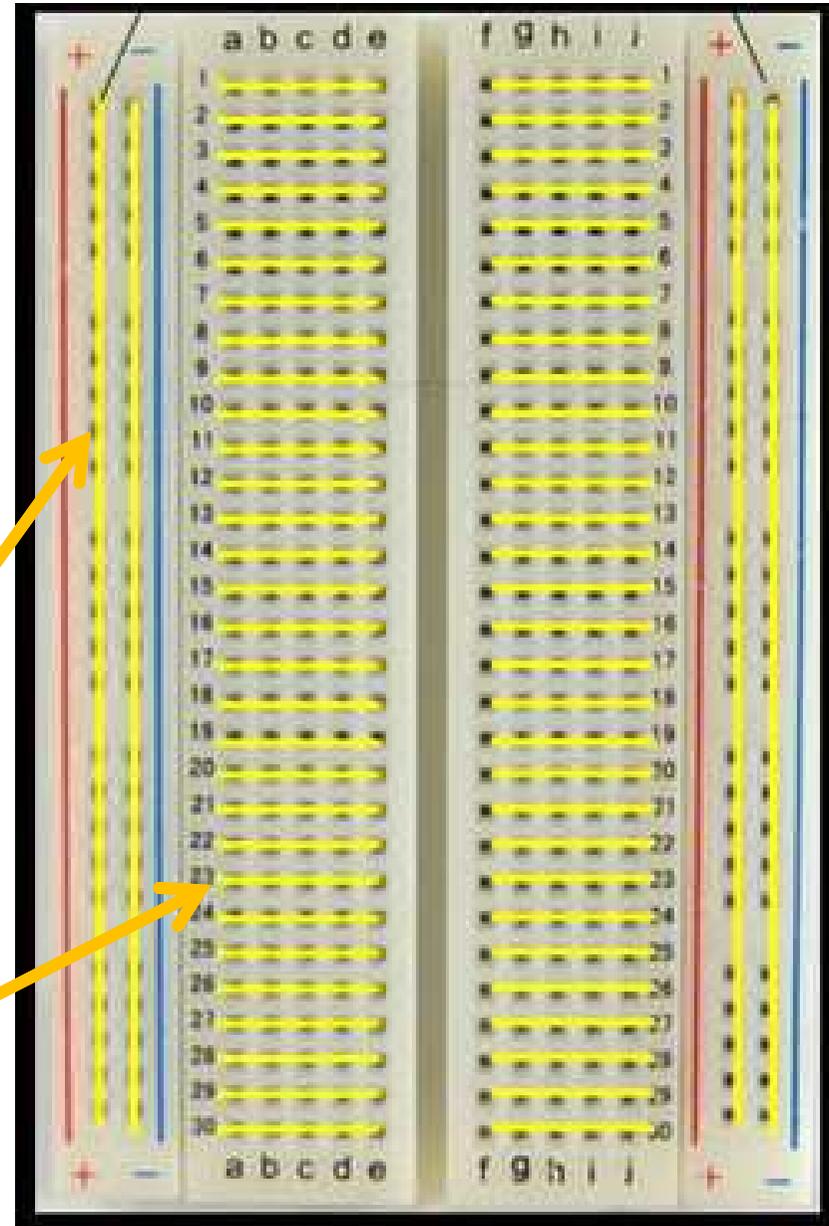


# Conectividade da protoboard

- Sob os orifícios da protoboard existem ligações já estabelecidas entre algumas linhas e colunas.

Os orifícios de cada coluna estão todos interligados no barramento de alimentação

Os orifícios em cada linha estão interligados no barramento de componentes



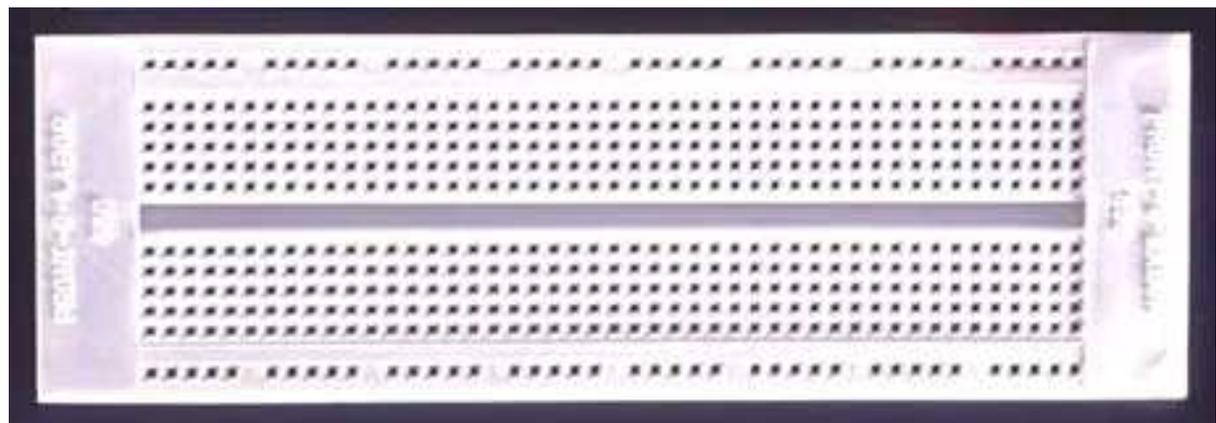
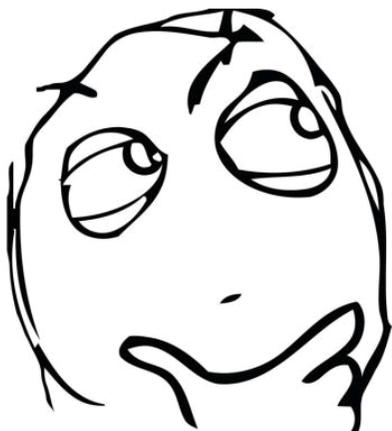


# Protoboard em sala de aula

- Existem diversos modelos, cores, tipos e arranjos.
- Antes de fazer qualquer conexão elétrica, assegure-se que as ligações internas da protoboard, em linhas e colunas, estão de acordo com o esperado. Caso contrário você pode criar um curto circuito facilmente e perder tudo...



**Atenção:** Assegure-se que as conexões internas estão como esperado. Use o multímetro como teste de continuidade e explore sua protoboard antes de qualquer montagem.



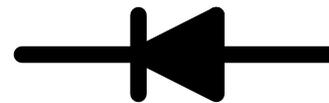


# Exemplo de aplicação – montagem de LED

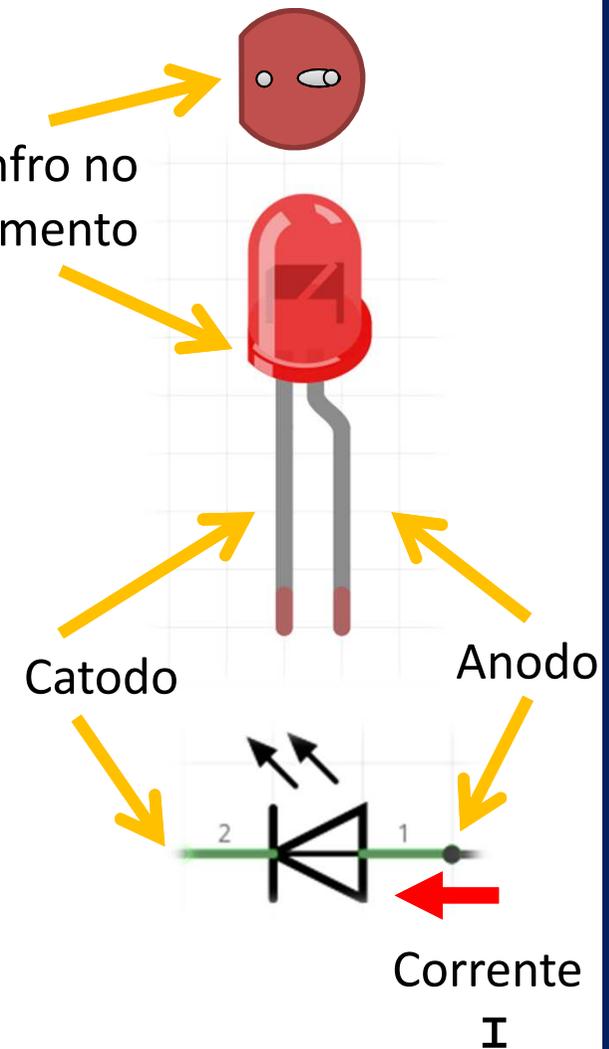
- A partir da fonte, iremos ligar um LED com o uso de uma fonte de tensão, um botão, um resistor e uma protoboard.

## Conhecendo um LED

- Diodo Emissor de Luz.
- Bipolo, dois terminais, com polaridade.
- **Acende** se uma corrente percorrer o componente no sentido do anodo para o catodo.
- A corrente **nominal** que pode percorrer o LED é de cerca de 10,0 [mA] (obtendo-se seu brilho máximo).
- Nesse circunstância, esse LED apresenta uma queda de tensão **nominal** de 1,8 [V].



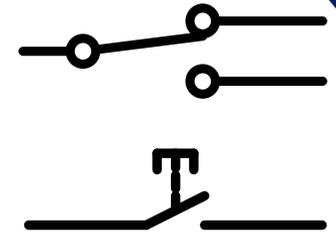
Chanfro no encapsulamento





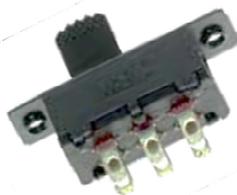
# Conhecendo botões e interruptores

- Os tipos comuns de botões possuem contatos elétricos móveis.
- Podem ser do tipo normalmente aberto – NA (sem nenhuma interação humana o contato está desligado, NO – normally open).
- Podem ser do tipo normalmente fechado – NF (sem nenhuma interação humana o contato está ligado, NC – normally closed).
- Podem também ser tanto NA como NF, com retentividade, com múltiplos pólos, etc.

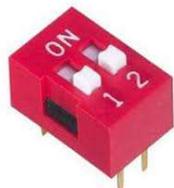


Chave SPDT

Chave DPDT



Dip Switch



Switches miniatura



Micro Switch NA e NF



Push Button  
NA



## Atenção: Limites operacionais



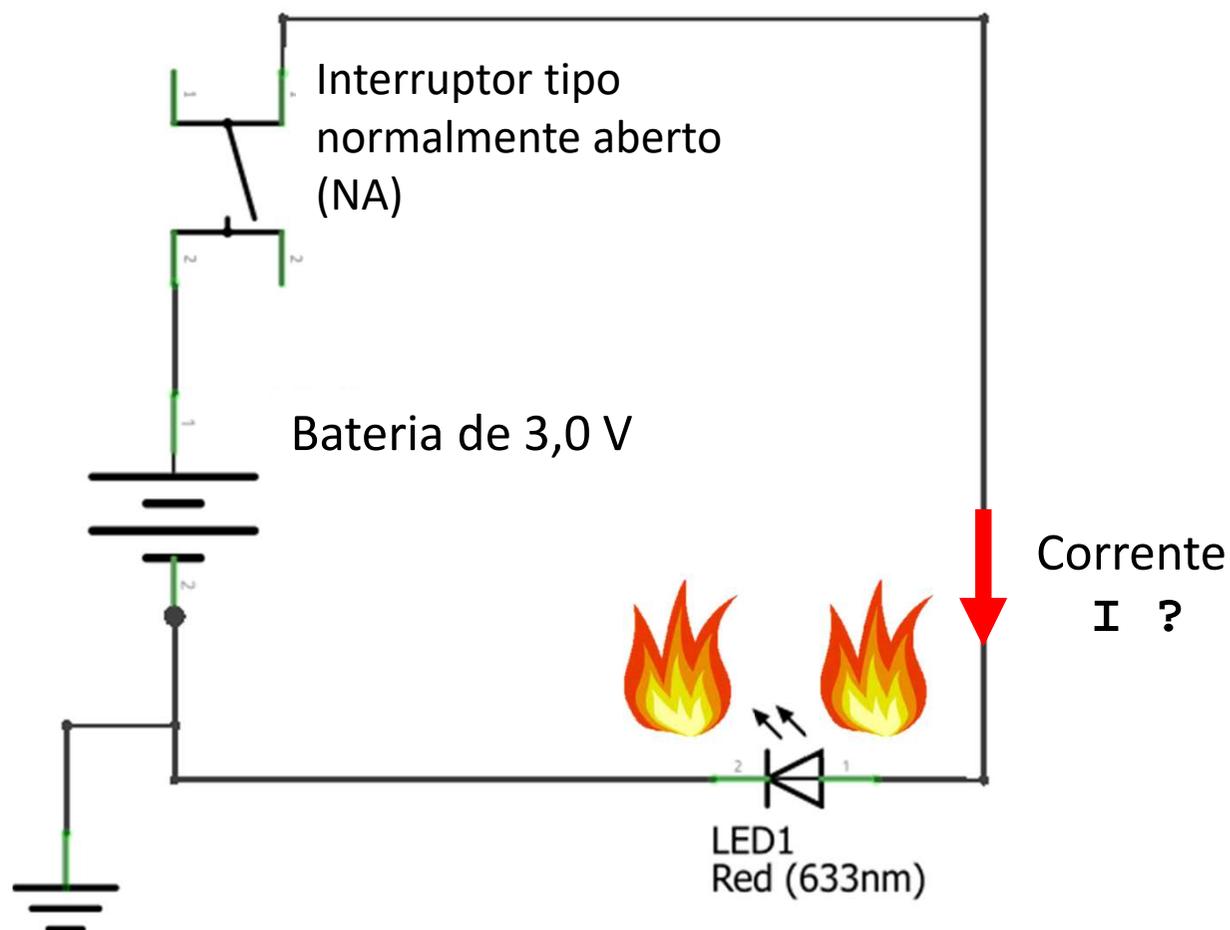
- A **degradação, perda de vida útil** ou até a **queima** de um componente ocorre se houver:
  - A aplicação de uma corrente, tensão, frequência, temperatura, potência, etc. com valores superiores aos limites máximos estabelecidos pelo fabricante.
  - A aplicação de tensões ou correntes em sentido inverso, para aqueles componentes que apresentam polaridade definida.
- O engenheiro projetista deve garantir que todos os componentes elétricos trabalhem dentro de suas condições nominais.
- Tais limites são citados nos *datasheets* dos componentes.





## Circuito **ERRADO** para ligar um LED

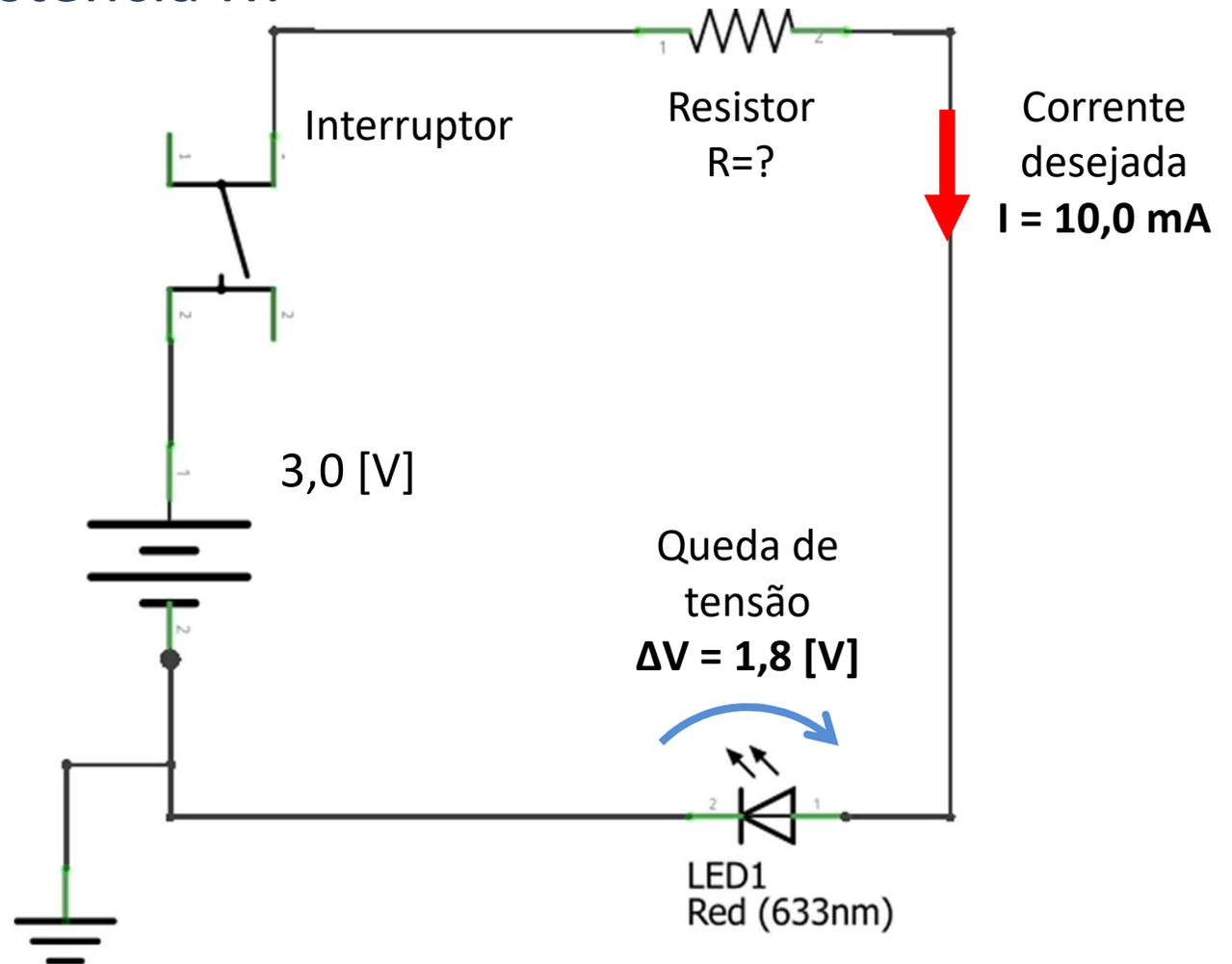
- O LED não pode ser ligado diretamente a uma fonte de tensão maior que sua tensão nominal.
- Ex: LED com fonte de 3,0 V.
- Circuito com pouca resistência.
- Corrente elevada.
- **Queima do LED.**





# Dimensionamento do circuito

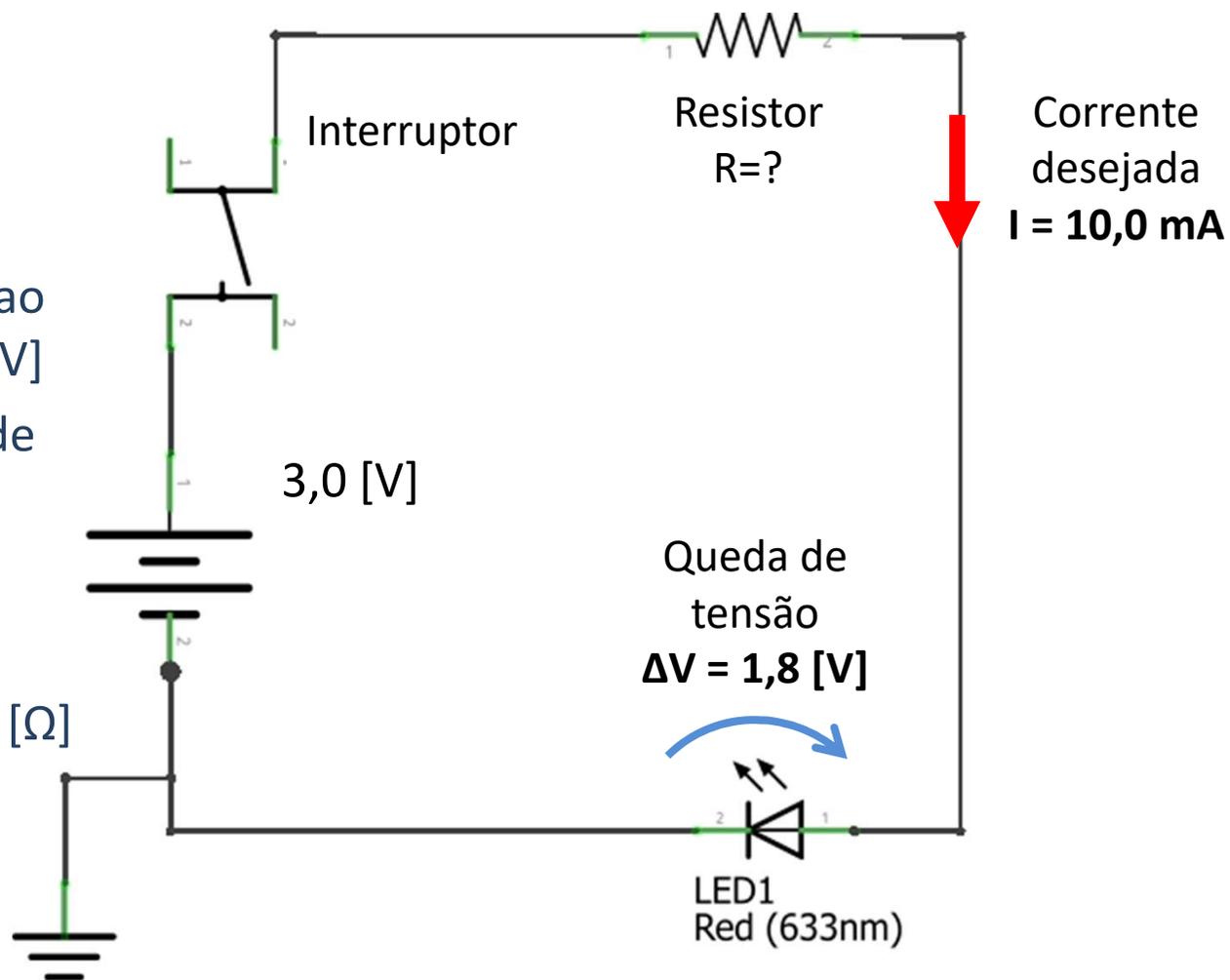
- O LED deve ser ligado em série com um resistor.
- Qual o valor da resistência  $R$ ?





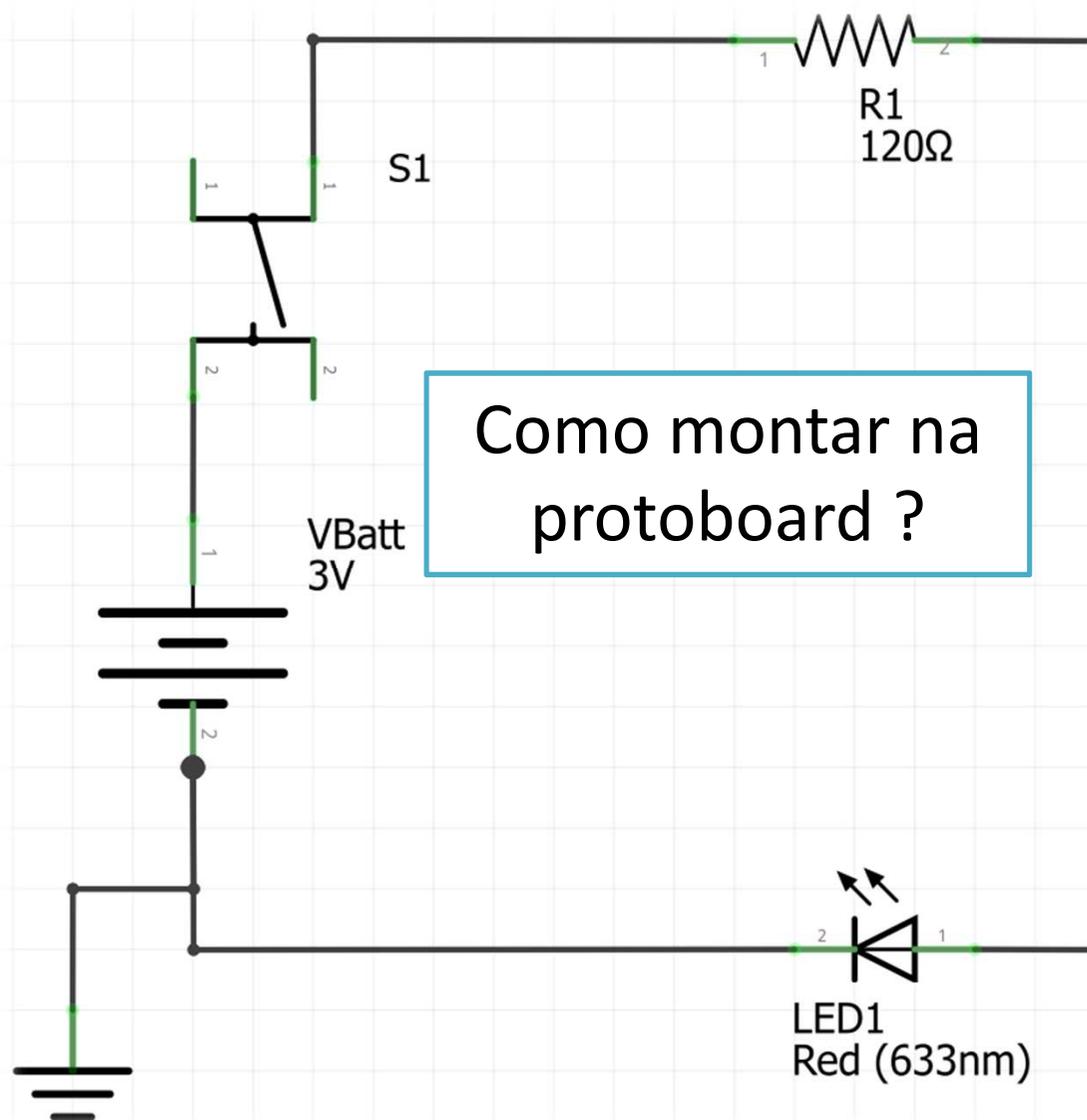
# Cálculo do resistor...

- Bateria = 3,0 [V]
- Tensão no LED = 1,8 [V]
- Tensão que sobra aplicada ao resistor  $V = 3,0 - 1,8 = 1,2$  [V]
- Corrente desejada no LED de 10,0 [mA]
- Lei de Ohm  $V = R \cdot I$
- $R = V / I = 1,2 / 0,010 = 120$  [ $\Omega$ ]





# Circuito final



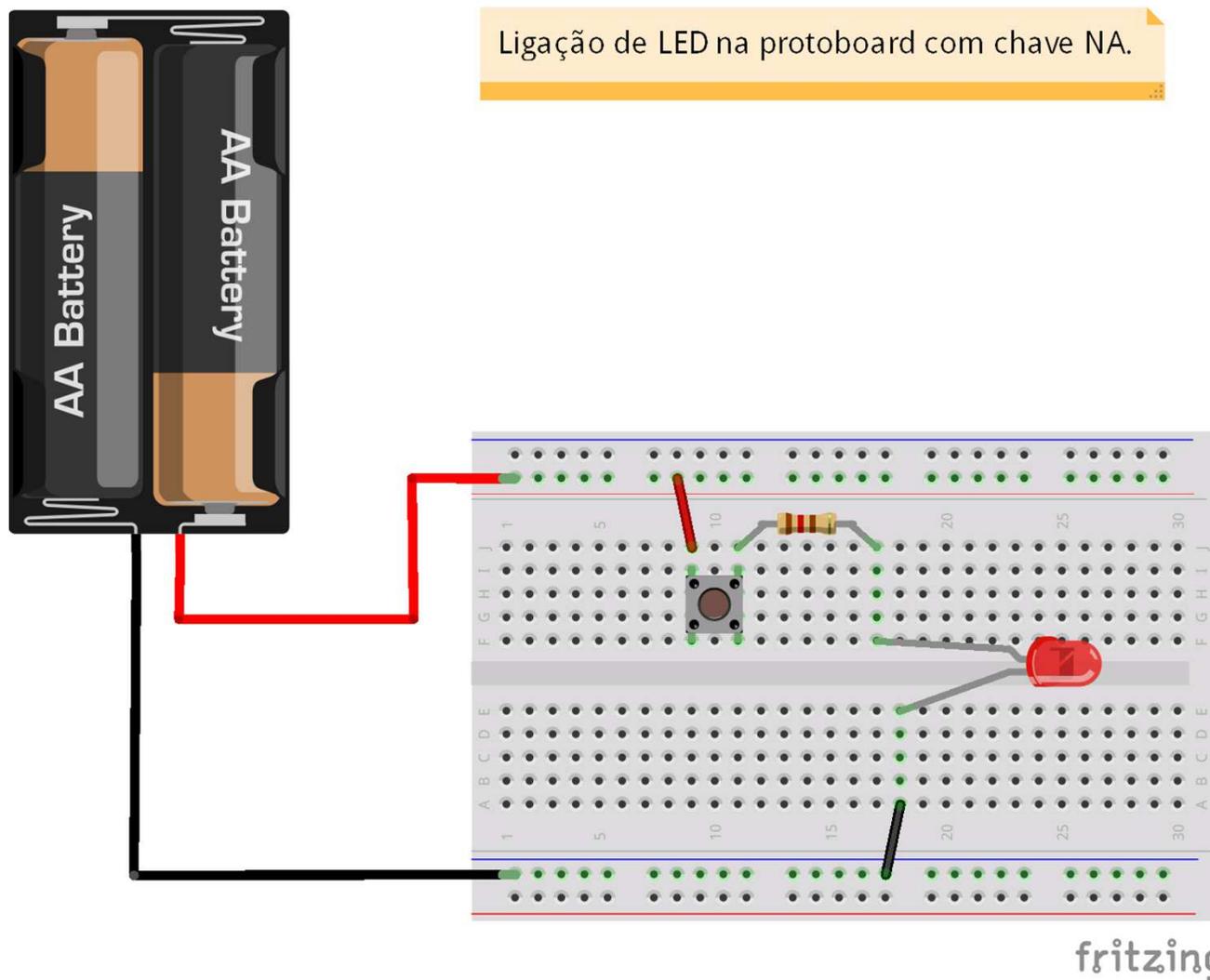


## Atividade

- Monte o circuito de alimentação do LED, usando:
  - Uma protoboard.
  - Duas pilhas AA em um suporte de pilhas, como fonte de 3,0 [V].
  - Um botão micro-switch (identifique seus terminais com teste de continuidade do multímetro).
  - Um LED vermelho.
  - Um resistor de valor adequado (identifique o resistor com a função de ohmímetro do multímetro).
  - Fios e conexões elétricas.



# Montando em protoboard de mercado

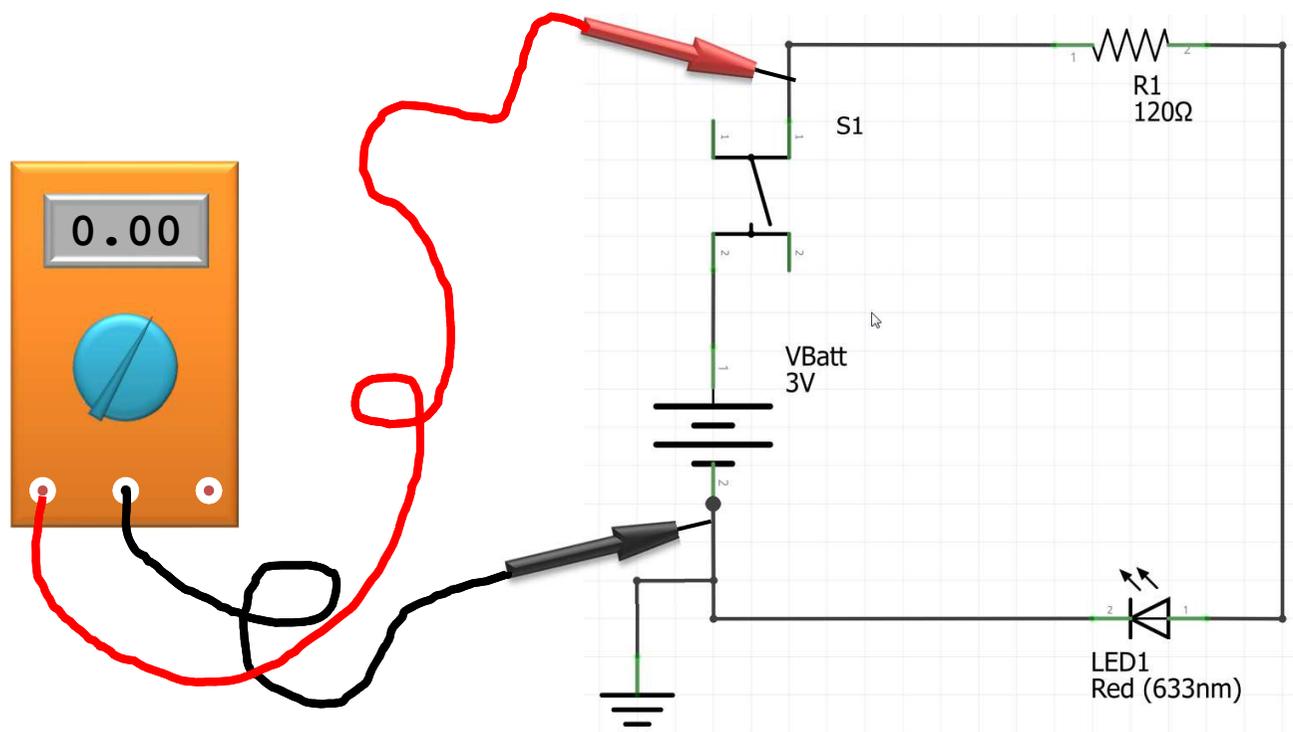


Desenho e esquema produzido com o software Fritzing, disponível no moodle.



# Para analisar

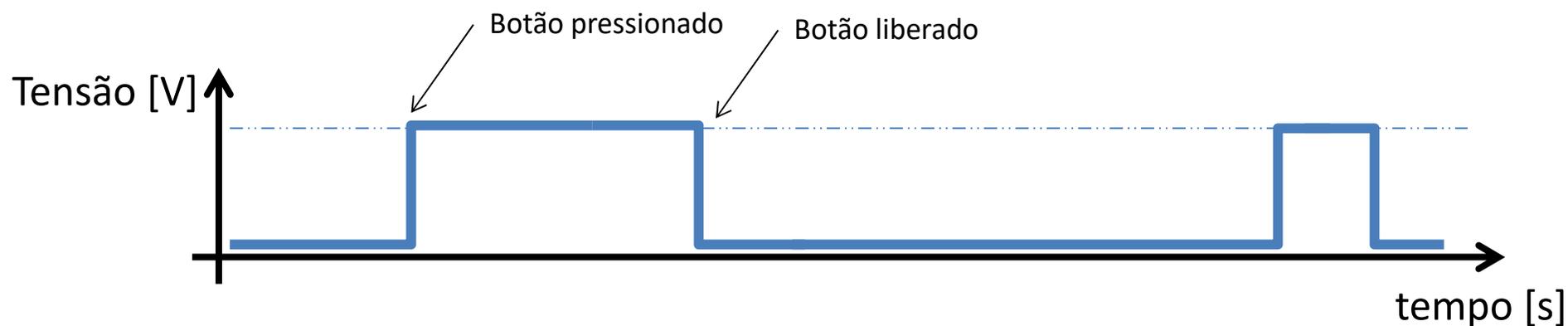
- Medir com o voltímetro em CC...
  - Qual a tensão entre o terminal negativo da fonte e o terminal da chave ligado ao resistor com o botão pressionado? E com o botão liberado?





# Sinais digitais

- Pode-se interpretar que as tensões no terminal do anodo do LED, com o botão pressionado ou liberado, estão associadas a níveis lógicos, binários, '1' ou '0'.
  - Botão liberado – tensão próxima de 0,0 V – nível lógico '0'
  - Botão pressionado – tensão próxima de 3,0 V – nível lógico '1'
- Esses sinais são denominados DIGITAIS !!





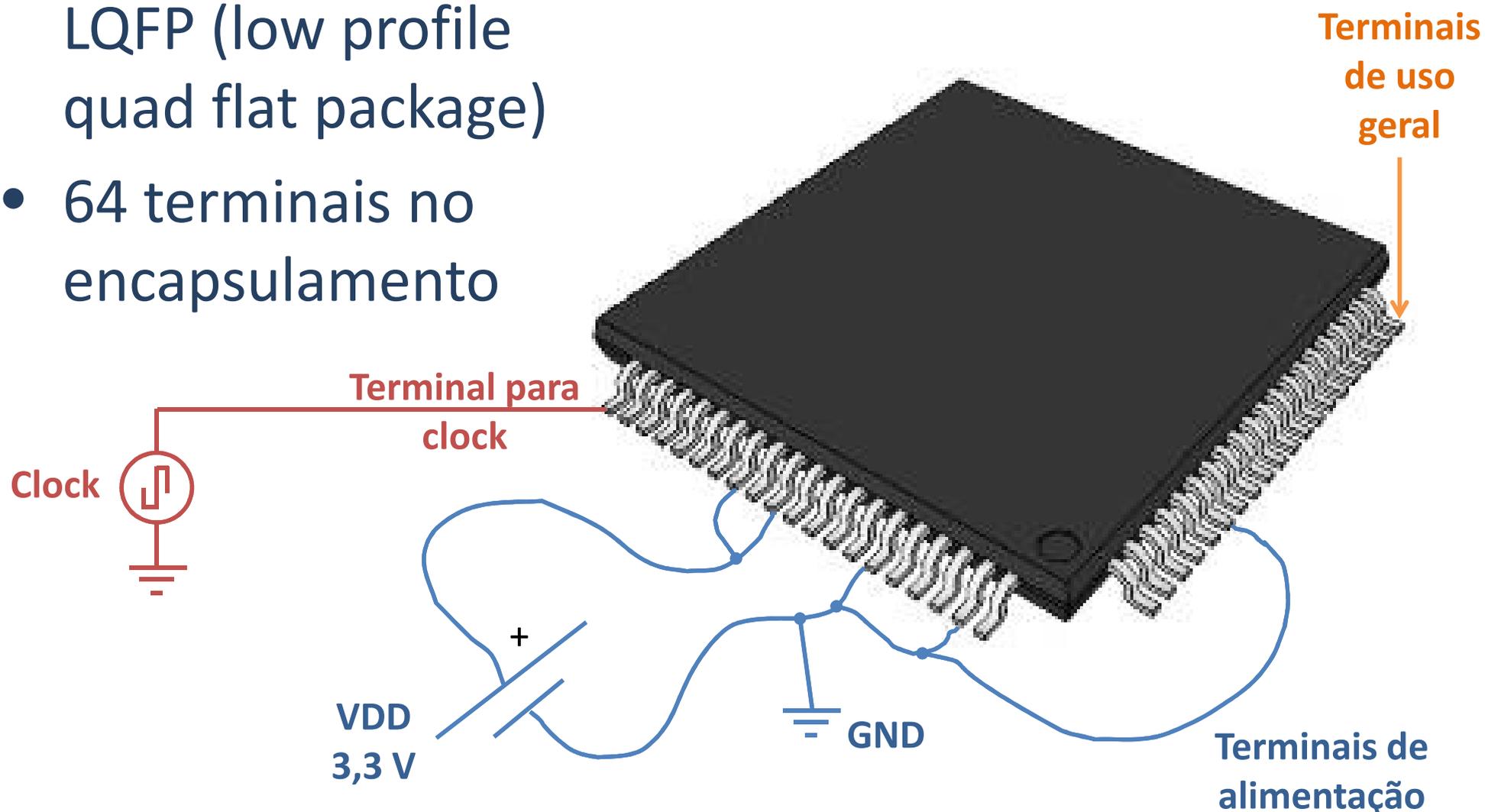
# Sumário

1. Lei de Ohm e instrumentos de medição.
2. Protoboard, medidas elétricas e sinais digitais.
- 3. Aplicação com o microcontrolador.**



# Terminais ou pinos do microcontrolador

- Encapsulamento LQFP (low profile quad flat package)
- 64 terminais no encapsulamento





# Terminais do microcontrolador

- A placa SMT32F072 possui um microcontrolador, com um processador ARM CORTEX M0+, memória interna, etc.
- Esse circuito integrado possui um **encapsulamento com 64 terminais elétricos visíveis**.
- Dos 64 terminais elétricos, alguns são dedicados à alimentação, envio de sinal de *clock* e outros sinais de controle básico do *chip* (sinal de reset, tensões de referência, etc.).
- Outros terminais são de uso geral ou especial.



# Terminais “utilizáveis” nesse *chip*

- Alguns pinos são dedicados para periféricos especiais, como a porta USB
- Outros pinos são de uso geral, configuráveis como:
  - Entradas, ou
  - Saídas.
- Todos esses terminais livres estão concentrados ou organizados em ***Ports***



# Terminais organizados por *ports*

- **Ports**, ou portas, são agrupamentos de terminais em um microcontrolador.
- No STM32 existem os Ports A, B, C, D, E e F.
- Cada Port pode ter de 1 a 16 vias ou canais, mas nem todos estão disponíveis.
- São nomeados PA\_0, PA\_2, PB\_10, P\_E5, ...

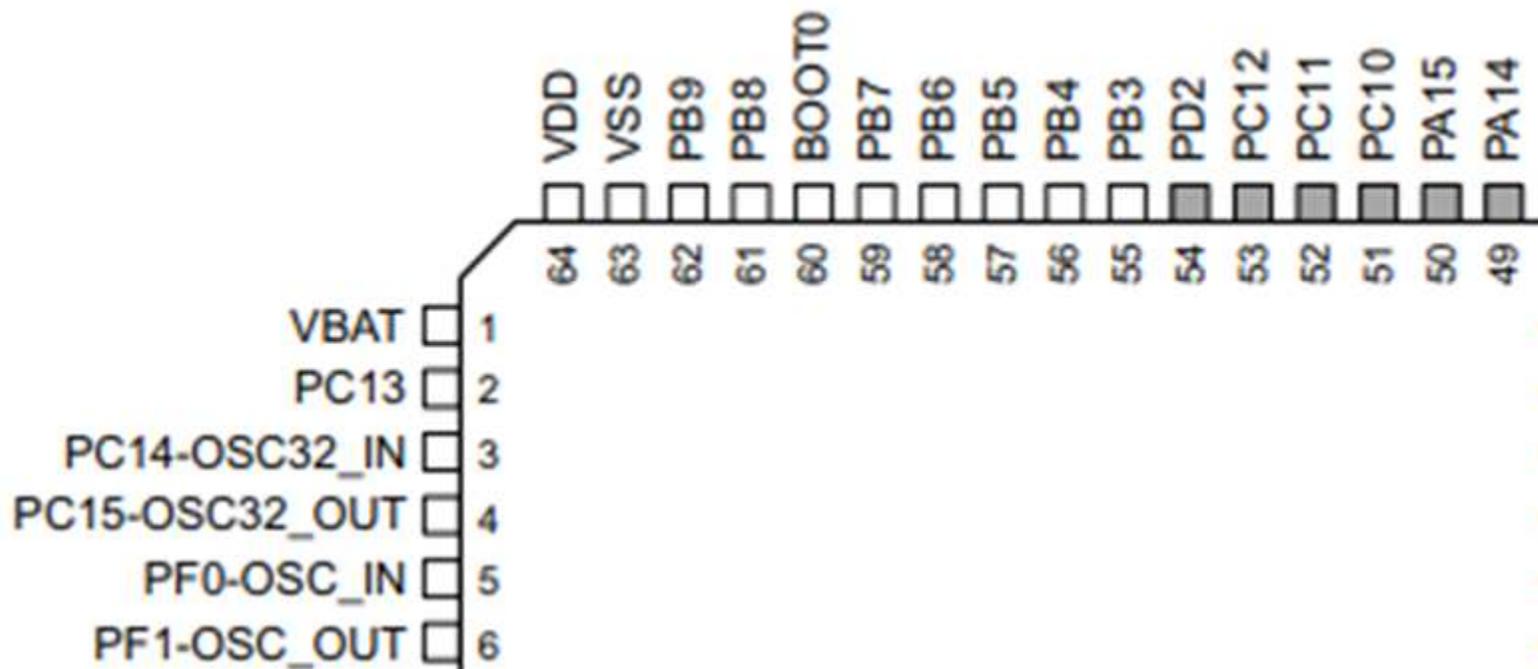
Nome: **PA\_1**

Interpretação: **PORT A – via 1**



# Disposição dos *ports* no encapsulamento

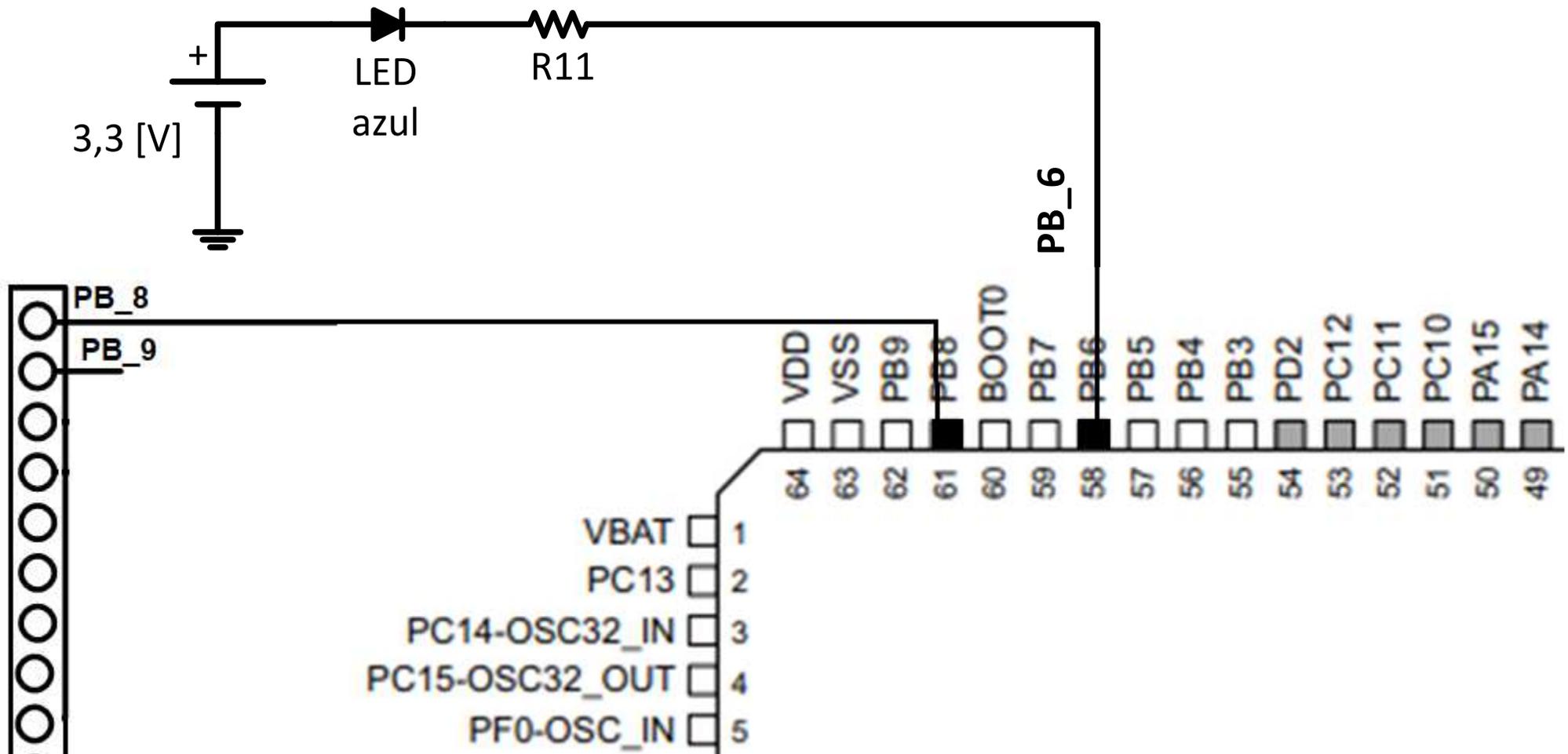
- Cada via de um *port* está associado a um terminal.
- Às vezes não estão dispostos em sequência.
- Mais detalhes podem ser vistos no **datasheet**.





# Ligação dos *ports* ao mundo exterior

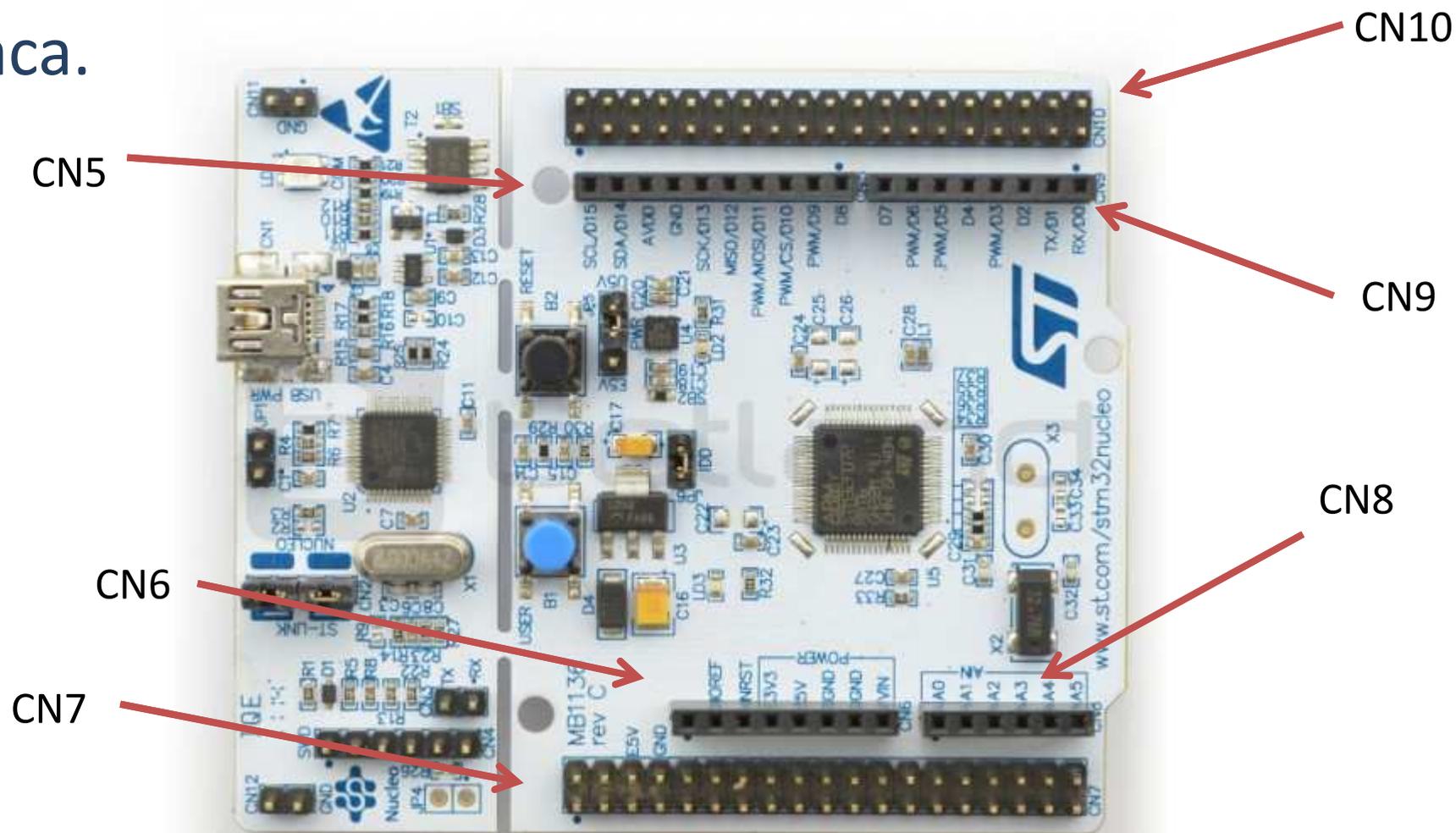
- Cada terminal de um *port* pode ser ligado a um outro circuito, acessório ou deixado livre para uso em um conector.





## Acesso a alguns ports e terminais

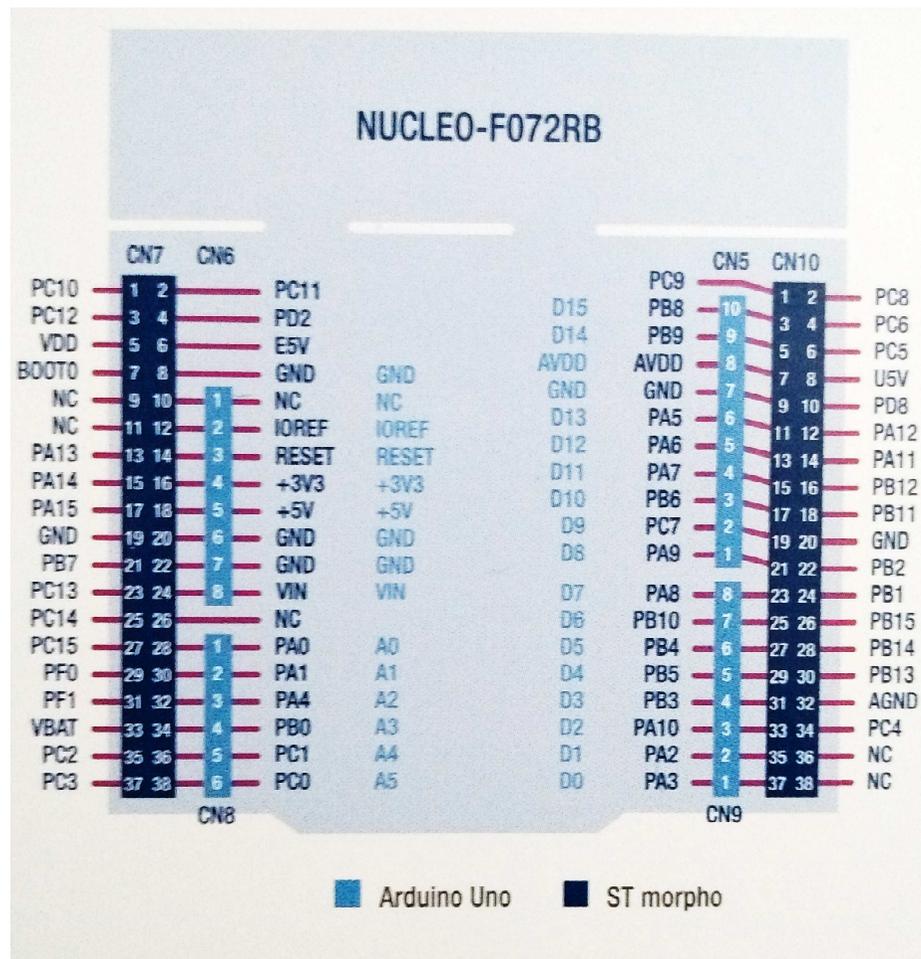
- Pode ser feito, principalmente, nos conectores de expansão CN5, CN6, CN7, CN8, CN9 e CN10 da placa.





# Lista de ports e funções no encarte

- No encarte da caixa do kit existe um guia de referência rápida dos pinos e ports.





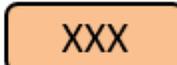
# Detalhes dos pinos com suas funções especiais

## Labels usable in code

-  MCU pin without conflict
-  MCU pin connected to other components  
See [PeripheralPins.c](#) (link below) for more information

-  Arduino connector names (A0, D1, ...)
-  LEDs and Buttons (LED\_1, USER\_BUTTON, ...)

## Labels not usable in code (for information only)

-  Serial pins (USART/UART)
-  SPI pins
-  I2C pins
-  PWMOut pins (TIMER n/c[N])  
n = Timer number c = Channel  
N = Inverted channel
-  AnalogIn (ADC) and AnalogOut pins (DAC)
-  CAN pins
-  Power and control pins (3V3, GND, RESET, ...)

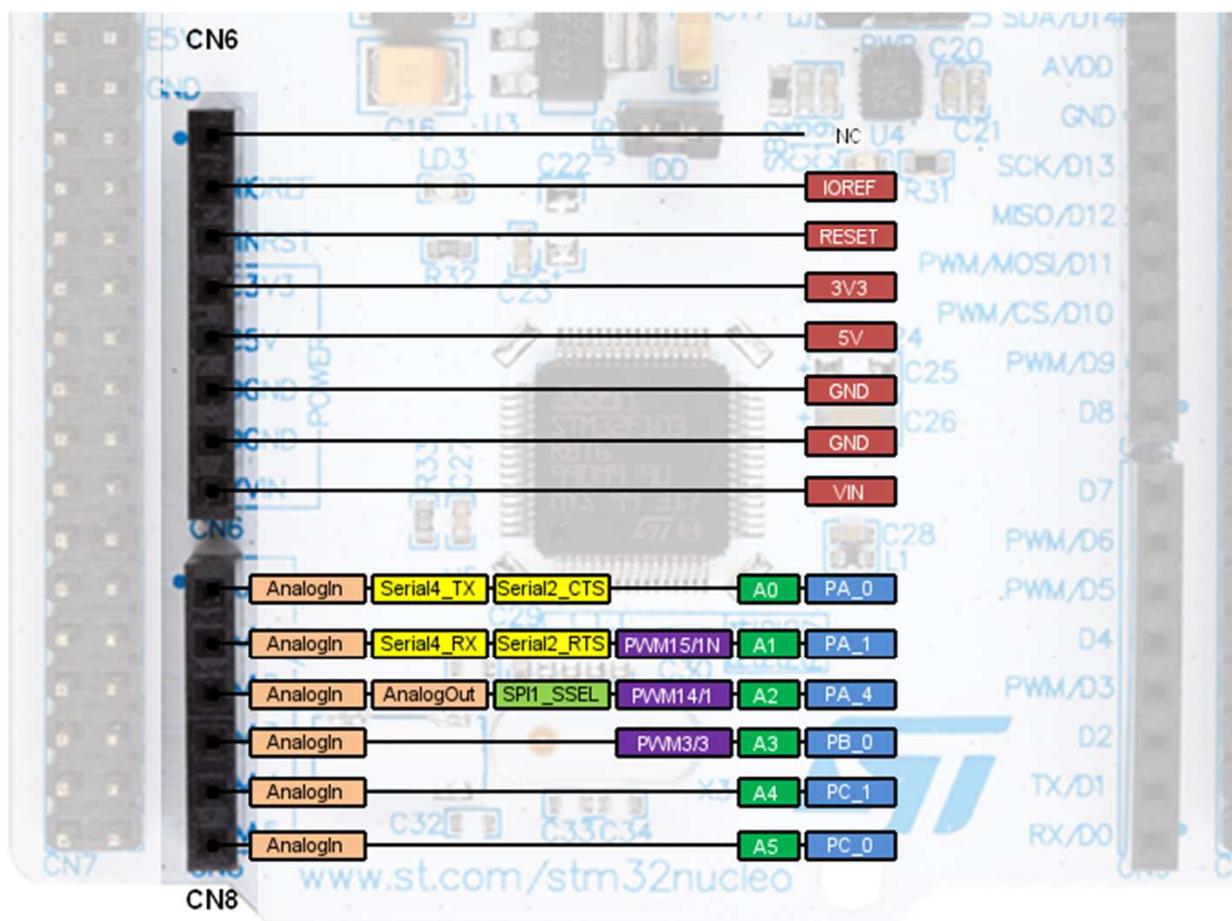


# Detalhes dos pinos com suas funções especiais



life.augmented

NUCLEO-F072RB  
ARDUINO HEADER  
(top left side)





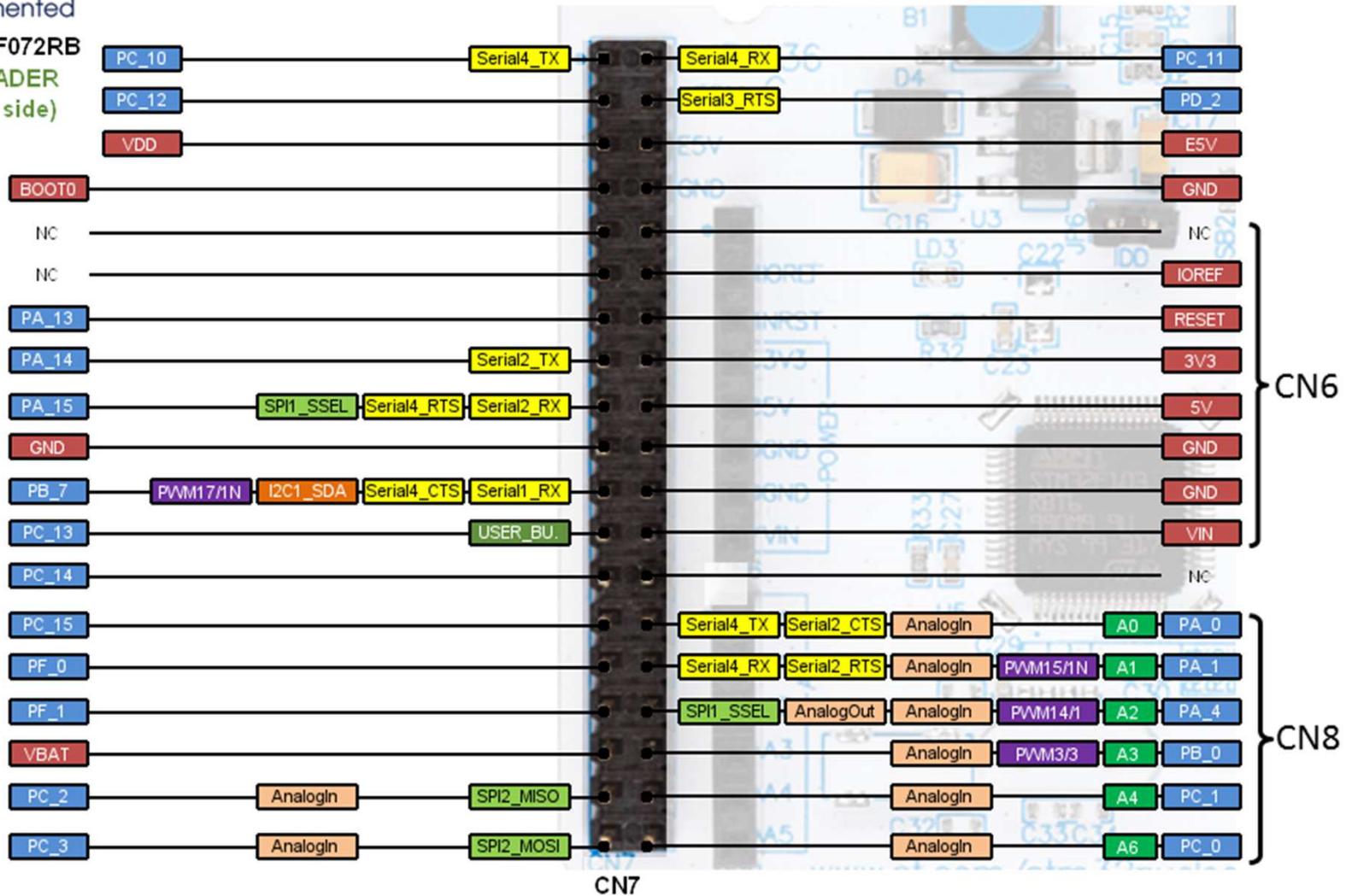
# Detalhes dos pinos com suas funções especiais



life.augmented

NUCLEO-F072RB

CN7 HEADER  
(top left side)

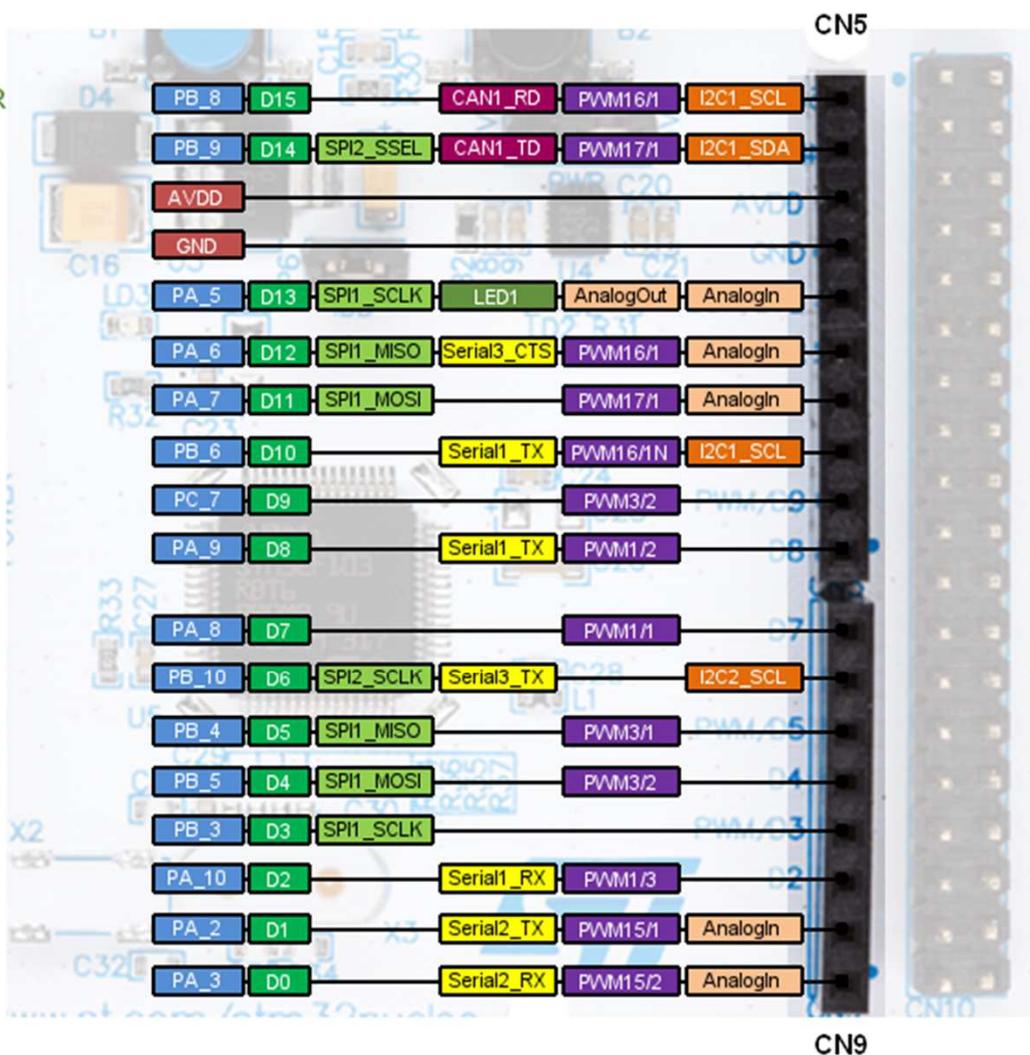




# Detalhes dos pinos com suas funções especiais



life.augmented  
NUCLEO-F072RB  
ARDUINO HEADER  
(top right side)





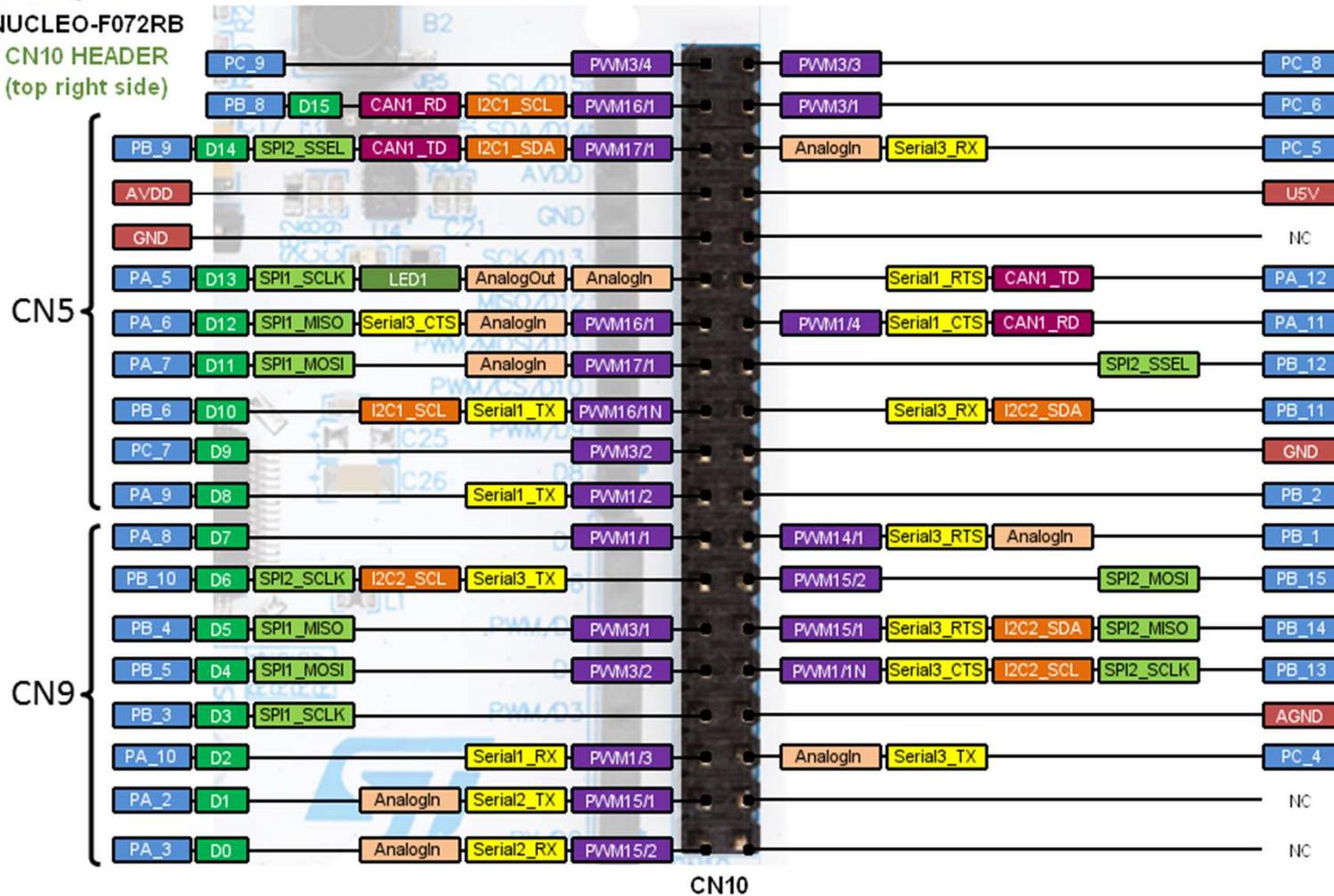
# Detalhes dos pinos com suas funções especiais



life.augmented

NUCLEO-F072RB

CN10 HEADER  
(top right side)





# Lista de ports e terminais do kit

Microcontrolador STM 32 Encapsulamento de 64 pinos		Kit STM32F072 Nucleo-64		
Terminal do chip	Nome e número do port	Disponível no conector e pino do kit	Nome padrão Arduino™ R3	Periférico do kit já conectado ao port
1	VBAT	CN7 33	-	-
2	PC_13	CN7 23	-	User Button
3	PC_14	CN7 25	-	-
4	PC_15	CN7 27	-	-
5	PF_0	CN7 29	-	-
6	PF_1	CN7 31	-	-
7	NRST	CN6 3/ CN7 14	RESET	-
8	PC_0	CN8 6	A5	-
9	PC_1	CN8 5	A4	-
10	PC_2	CN7 35	-	-
11	PC_3	CN7 37	-	-
12	VSSA	CN10 32	-	-
13	VDDA	CN5 8	AVDD	-
14	PA_0	CN8 1/ CN7 28	A0	-
15	PA_1	CN8 2/ CN7 30	A1	-
16	PA_2	CN9 2/ CN10 35	D1	-
17	PA_3	CN9 3/ CN10 37	D0	-
18	VSS	GND	GND	-
19	VDD	VDD	-	-
20	PA_4	CN8 3/ CN7 32	A2	-
21	PA_5	CN5 6/ CN10 11	D13	LED1
22	PA_6	CN5 5/ CN10 13	D12	-
23	PA_7	CN5 4/ CN10 15	D11	-
24	PC_4	CN10 34	-	-
25	PC_5	CN10 6	-	-
26	PB_0	CN8 4/ CN7 32	A3	-
27	PB_1	CN10 24	-	-
28	PB_2	CN10 22	-	-
29	PB_10	CN9 7/ CN10 25	D6	-
30	PB_11	CN10 18	-	-
31	VSS	GND	GND	-
32	VDD	VDD	-	-

Microcontrolador STM 32 Encapsulamento de 64 pinos		Kit STM32F072 Nucleo-64		
Terminal do chip	Nome e número do port	Disponível no conector e pino do kit	Nome padrão Arduino™ R3	Periférico do kit já conectado ao port
33	PB_12	CN10 16	-	-
34	PB_13	CN10 30	-	-
35	PB_14	CN10 28	-	-
36	PB_15	CN10 26	-	-
37	PC_6	GN10 4	-	-
38	PC_7	CN5 2/ CN10 19	D9	-
39	PC_8	CN10 2	-	-
40	PC_9	CN10 1	-	-
41	PA_8	CN9 8/ CN10 23	D7	-
42	PA_9	CN5 1/ CN10 21	D8	-
43	PA_10	CN9 3/ CN10 33	D2	-
44	PA_11	CN10 14	-	-
45	PA_12	CN10 12	-	-
46	PA_13	CN7 13	-	-
47	VSS	GND	-	-
48	VDDIO2	-	-	-
49	PA_14	CN7 15	-	-
50	PA_15	CN7 17	-	-
51	PC_10	CN7 1	-	-
52	PC_11	CN7 2	-	-
53	PC_12	CN7 3	-	-
54	PD_2	CN7 4	-	-
55	PB_3	CN9 4/ CN10 31	D3	-
56	PB_4	CN9 6/ CN10 27	D5	-
57	PB_5	CN9 5/ CN10 29	D4	-
58	PB_6	CN5 3/ CN10 17	D10	-
59	PB_7	CN7 21	-	-
60	BOOT0	CN7 7	-	-
61	PB_8	CN5 10/ CN10 3	D15	-
62	PB_9	CN5 9/ CN10 5	D14	-
63	VSS	GND	GND	-
64	VDD	VDD	-	-



# GPIO - General Purpose Input and Output

- Nome dado aos terminais que podem assumir a função de entradas **ou** saídas, com uso livre pelo usuário, conforme sua necessidade
- Um mesmo pino pode ser:
  - Entrada, que recebe um sinal digital proveniente de um sensor externo (por exemplo um botão), **ou**;
  - Saída, que envia um sinal digital para acionamento ou comando de um outro dispositivo (por exemplo, um LED ou relé eletromecânico).
- Quase todos os *ports* do microcontrolador podem ser usados como GPIO.



# **GPIOs – Configuração**

- Os terminais de GPIO podem assumir um ou outro papel (entrada ou saída), mas:

**Quem faz essa configuração?**

- O “usuário-programador” !

**Quando se faz essa configuração?**

- Durante a execução do programa embutido!

**Onde se faz essa configuração?**

- Em qualquer lugar do programa!

- Entretanto, no momento da energização, o que ocorre?



# Inicialização de um microcontrolador...

1. Quando o microcontrolador é energizado, inicialmente ele é mantido “resetado” por uma eletrônica interna ao chip.
2. Até então, todos os terminais de GPIO do microcontrolador são ajustados como entradas.
3. Quando a alimentação do *chip* está estável, o “reset” é liberado, permitindo o “boot”, ou a leitura do programa do usuário, gravado na memória FLASH. O tempo do passo 1 ao 3 dura poucos [ $\mu$ s].



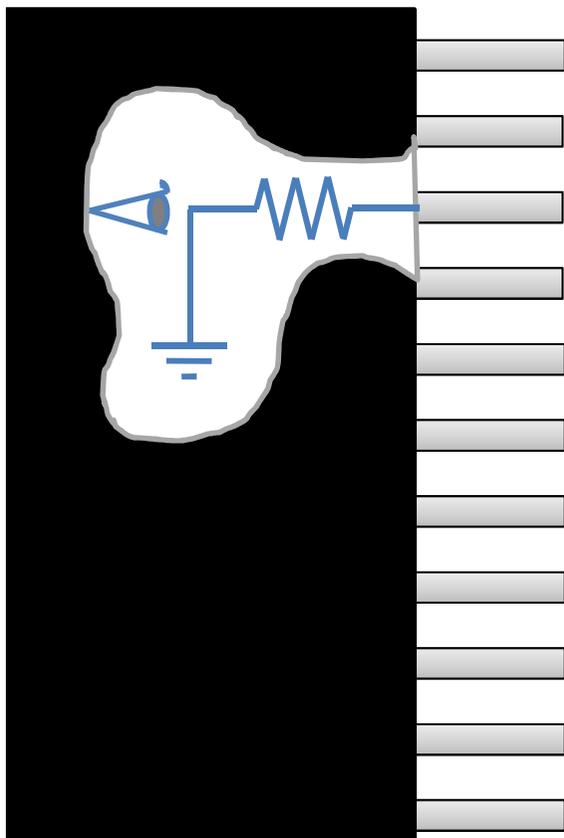
# Inicialização de um microcontrolador

4. Assim que é executado, o programa do usuário pode configurar os terminais que desejar, na função de GPIO, como entradas, saídas, ou para funções especiais com outros periféricos.
5. Durante o funcionamento, um pino pode ser reconfigurado para outra função, conforme a necessidade.



# Terminais GPIO utilizados como entradas

- Os pinos de GPIO configurados como entradas se comportam internamente como resistores com alto valor de resistência ( $>100k\Omega$ ).
- Um equipamento externo pode ser ligado a esse terminal de entrada, para que o microcontrolador possa ler ou receber a informação desse dispositivo, codificada em uma determinada tensão ou nível lógico (sinal digital).





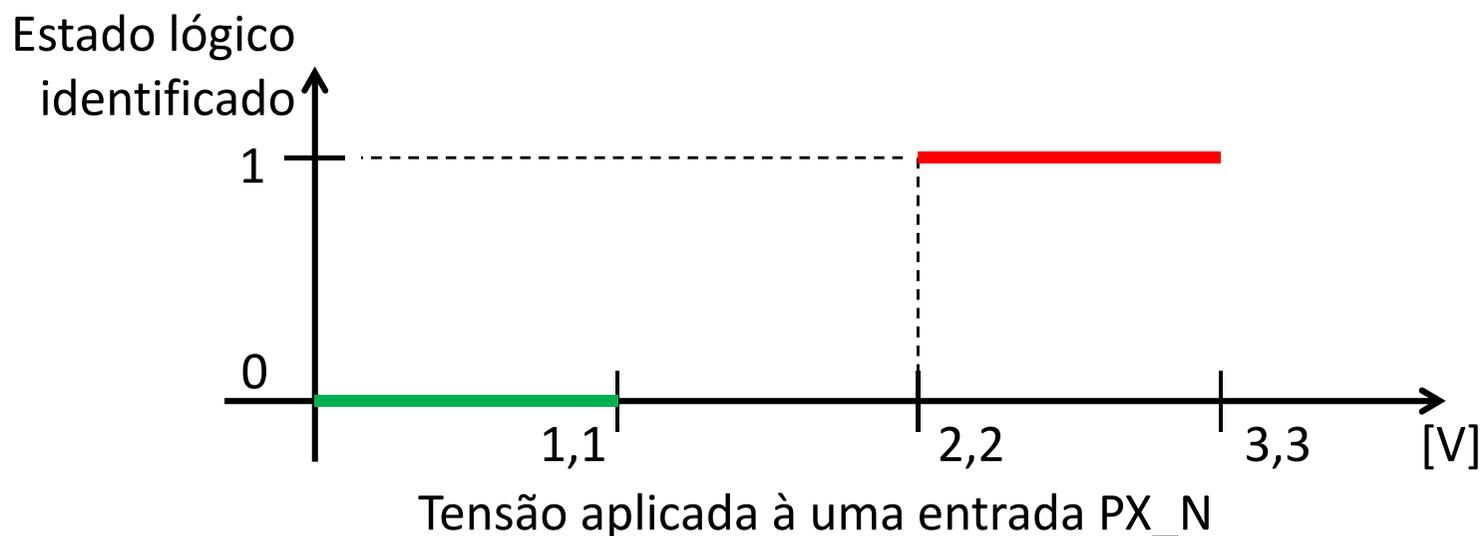
## Interpretando a tensão aplicada a uma entrada

- O microcontrolador consegue ler a tensão que é imposta nesse terminal, e a classifica entre duas condições ou estados digitais:
  - um estado de tensão baixa, próximo de zero volts, ou nível lógico 0, ou;
  - um estado tensão maior, próximo do valor da tensão de alimentação, ou nível lógico 1.
- A informação lida pelo microcontrolador é armazenada em um registrador (variável) interno para uso no *software* feito pelo programador.
- Mas, e se outras tensões forem aplicadas?



# Padrão CMOS

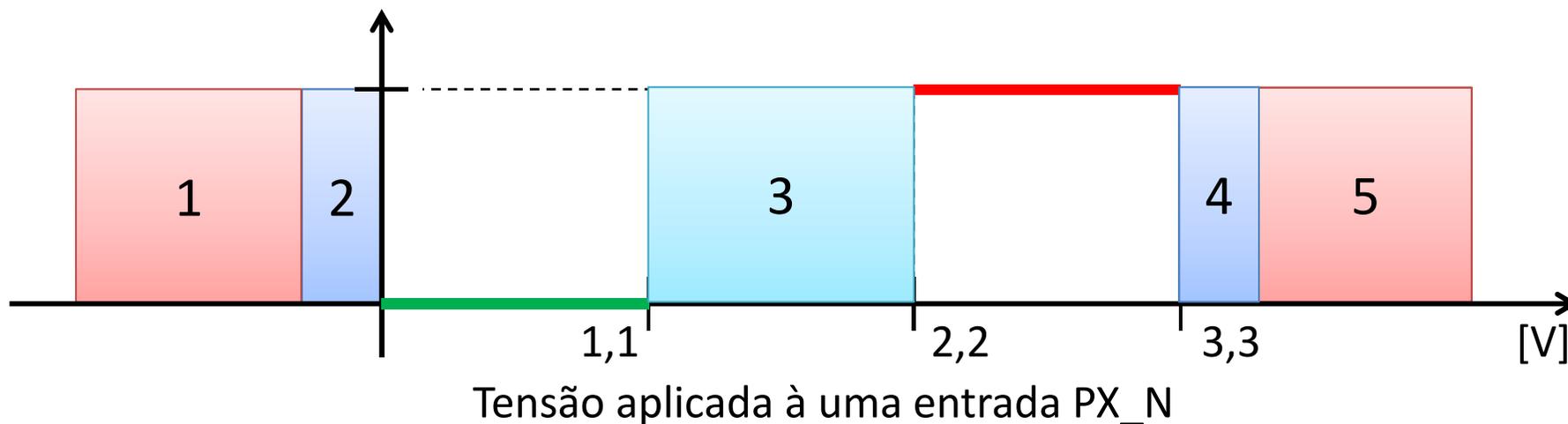
- O STM32 aceita em suas entradas o padrão CMOS de tensões nominais. Ex:
  - Caso a tensão de alimentação VDD seja 3,3 V...
  - Estado lógico zero → tensões inferiores a 1/3 de VDD
  - Estado lógico um → tensões superiores a 2/3 de VDD





# E para as demais tensões aplicadas?

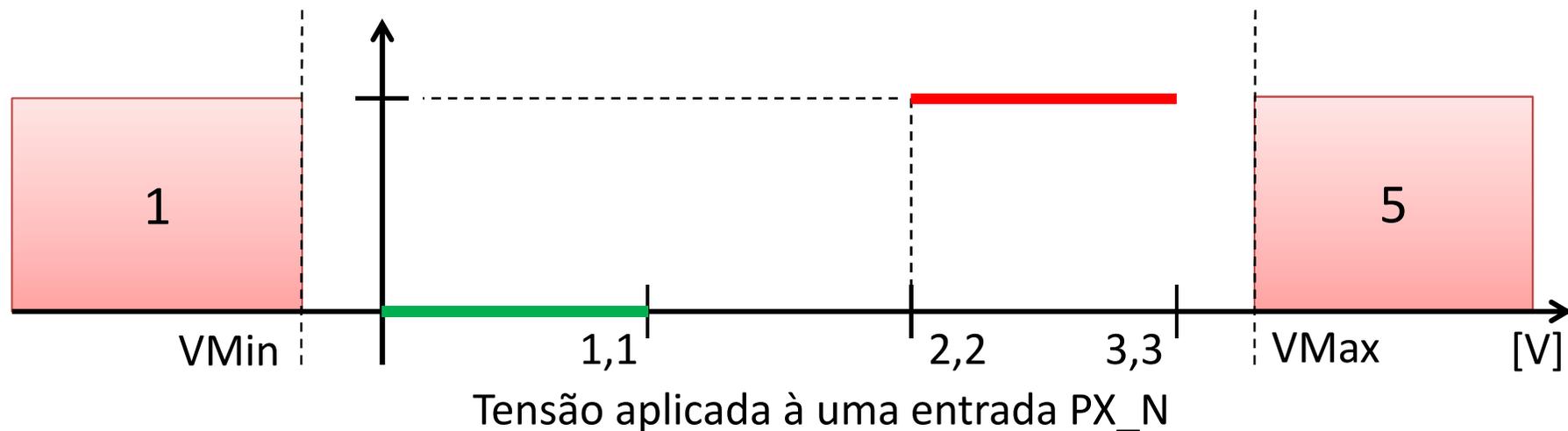
- Existem cinco situações
  1. Tensões muito menores que 0,0 [V] ou GND
  2. Tensões pouco menores que 0,0 [V] ou GND
  3. Tensões entre  $1/3$  e  $2/3$  de VDD
  4. Tensões pouco maiores que VDD
  5. Tensões muito maiores que VDD





# Situações proibidas

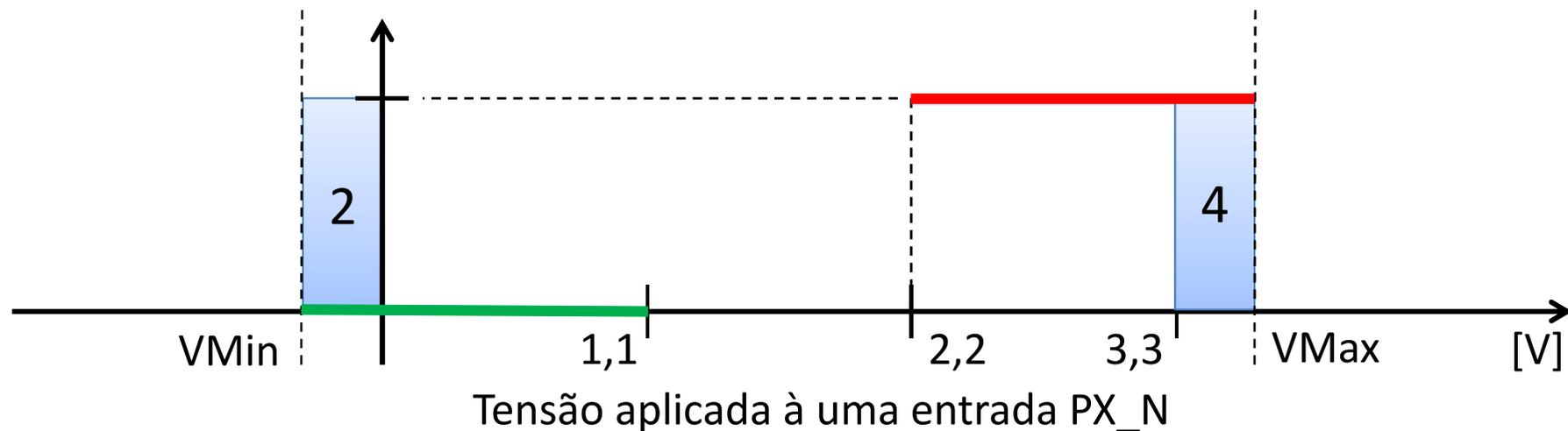
- Situações 1 e 5: Tensões aplicadas fora dos limites máximo e mínimo do circuito integrado.
- Queima, degradação ou mau funcionamento.
- No caso do STM32 (datasheet):
  - $V_{Min} = V_{ss} - 0,3 \text{ [V]} = -0,3 \text{ [V]}$  para  $V_{ss} = 0 \text{ [V]}$
  - $V_{Max} = 4 \text{ [V]}$ .





# Situações toleráveis

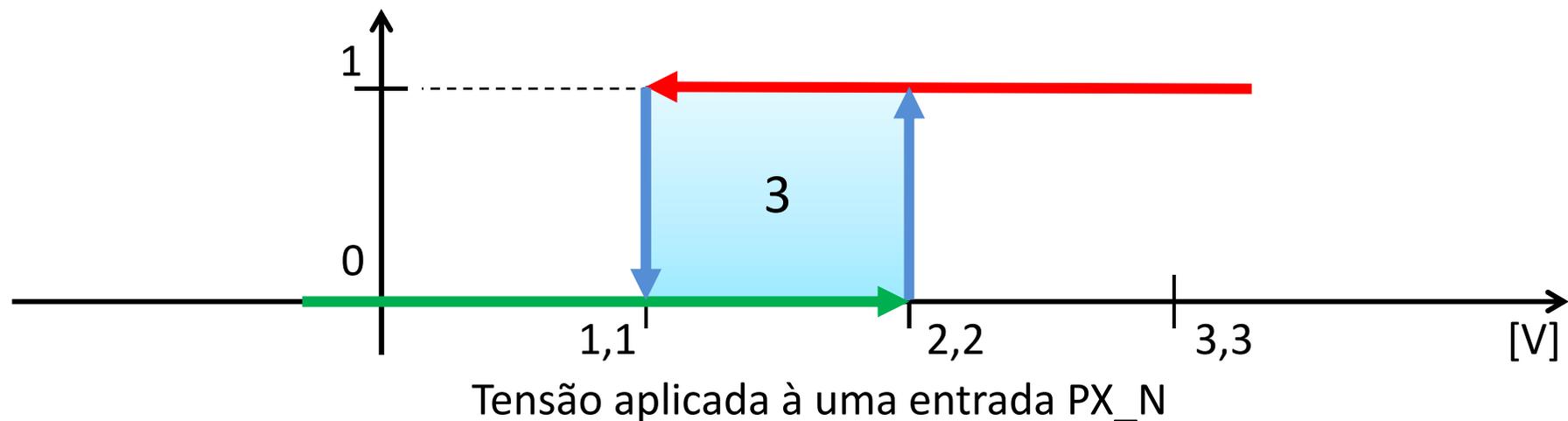
- Situação 2: o microcontrolador interpreta a tensão como um estado digital zero, nível lógico zero.
- Situação 4: o microcontrolador interpreta a tensão como um estado digital um, nível lógico um.
- Não há problemas na operação do circuito nessas situações.





# Situação indeterminada

- Situação 3: estado lógico, a princípio, indeterminado.
- O microcontrolador admite como estado lógico, o último estado válido identificado.
- A variação da tensão aplicada e os estados lógicos resultantes delimitam a região 3.
- Essa região delimita uma banda morta ou zona de histerese.





# Tensões nas entradas digitais do STM32

- Deve-se **garantir** que todas as tensões aplicadas estejam dentro dos valores nominais do dispositivo:

- $V_{min} > -0,3$  [V]
- $V_{max} < 4$  [V].

**Curiosidade:** Durante a energização de um circuito, as tensões podem assumir, instantaneamente, valores além dos máximos e mínimos permitidos!! Mas são **transitórios**, como as descargas de ESD, e possuem pouca energia.

Datasheet

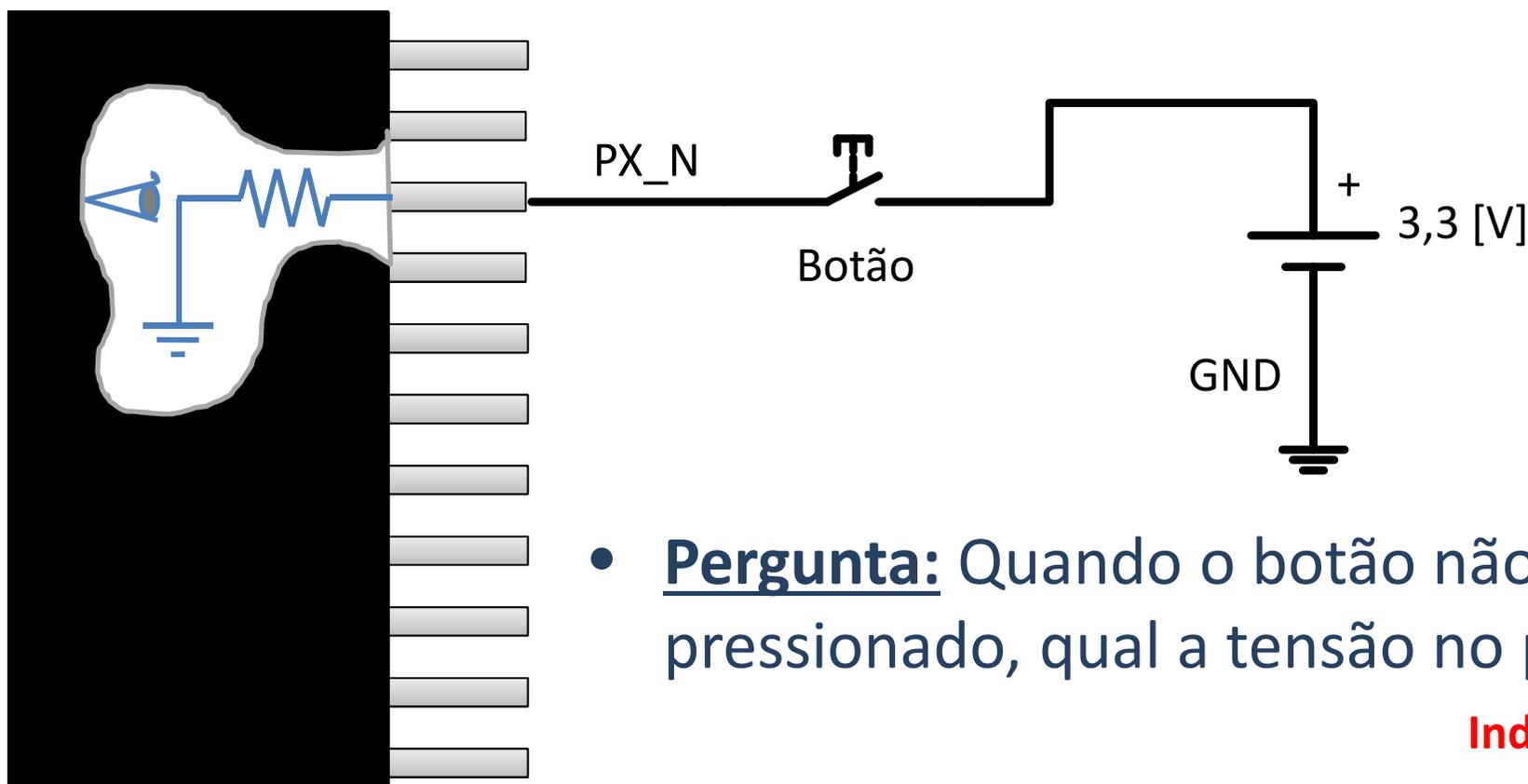
Table 21. Voltage characteristics<sup>(1)</sup>

Symbol	Ratings	Min	Max	Unit
$V_{DD}-V_{SS}$	External main supply voltage	- 0.3	4.0	V
$V_{DDIO2}-V_{SS}$	External I/O supply voltage	- 0.3	4.0	V
$V_{DDA}-V_{SS}$	External analog supply voltage	- 0.3	4.0	V
$V_{DD}-V_{DDA}$	Allowed voltage difference for $V_{DD} > V_{DDA}$	-	0.4	V
$V_{BAT}-V_{SS}$	External backup supply voltage	- 0.3	4.0	V
$V_{IN}^{(2)}$	Input voltage on FT and FTf pins	$V_{SS} - 0.3$	$V_{DDIOx} + 4.0^{(3)}$	V
	Input voltage on TTA pins	$V_{SS} - 0.3$	4.0	V
	BOOT0	0	9.0	V
	Input voltage on any other pin	$V_{SS} - 0.3$	4.0	V



# Aplicação com um botão Push-button

- Importante: Deve-se assegurar que a tensão aplicada em um terminal seja aquela necessária para garantir o nível zero ou nível um.
- No caso a seguir, pressionando o botão temos 3,3 [V] ou nível lógico 1.



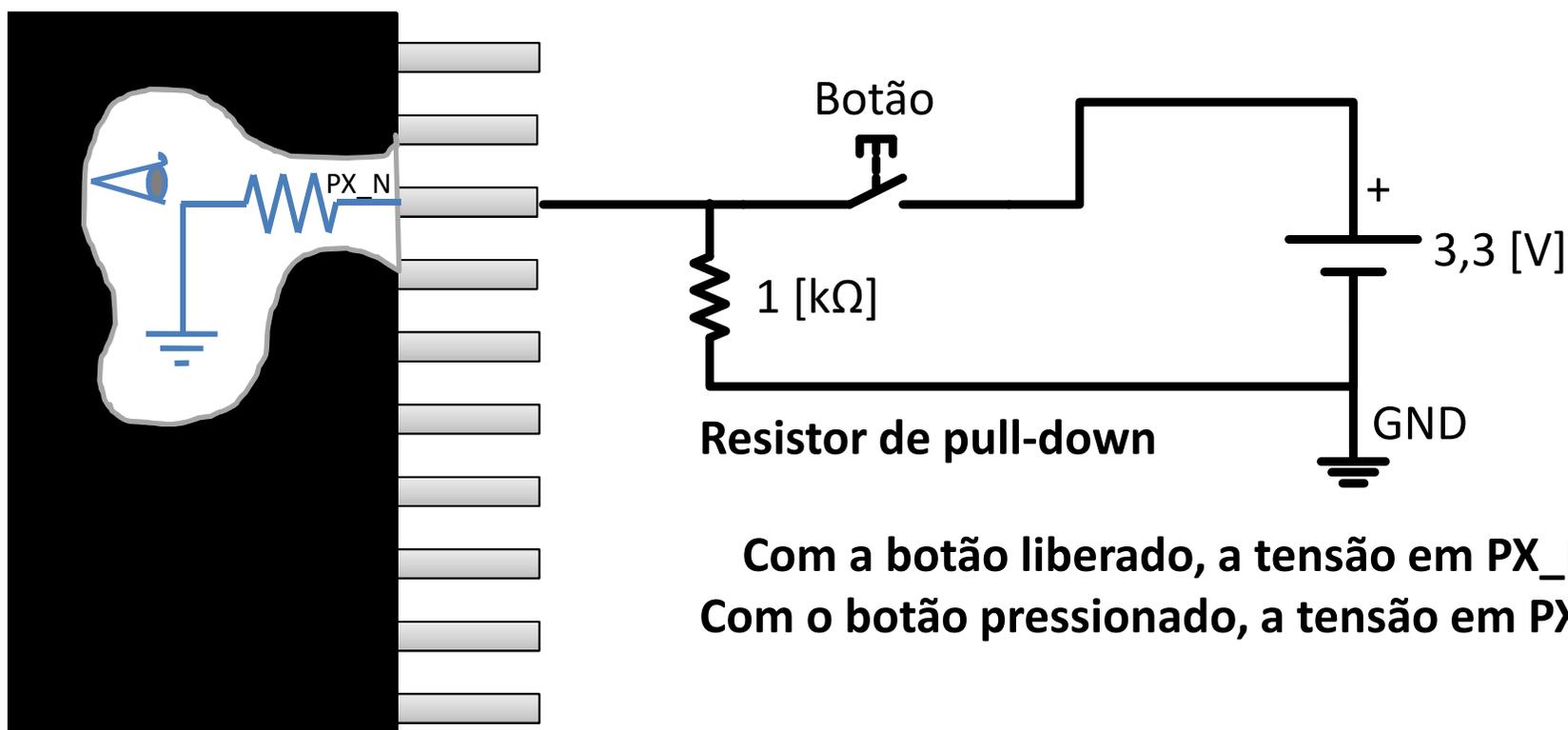
- Pergunta: Quando o botão não está pressionado, qual a tensão no port?

**Indeterminada!!!**



## Uso de resistor de pull-down

- Para garantir que a tensão aplicada em um dado terminal sempre assuma uma tensão conhecida, no nível lógico zero, quando o botão não está pressionado.

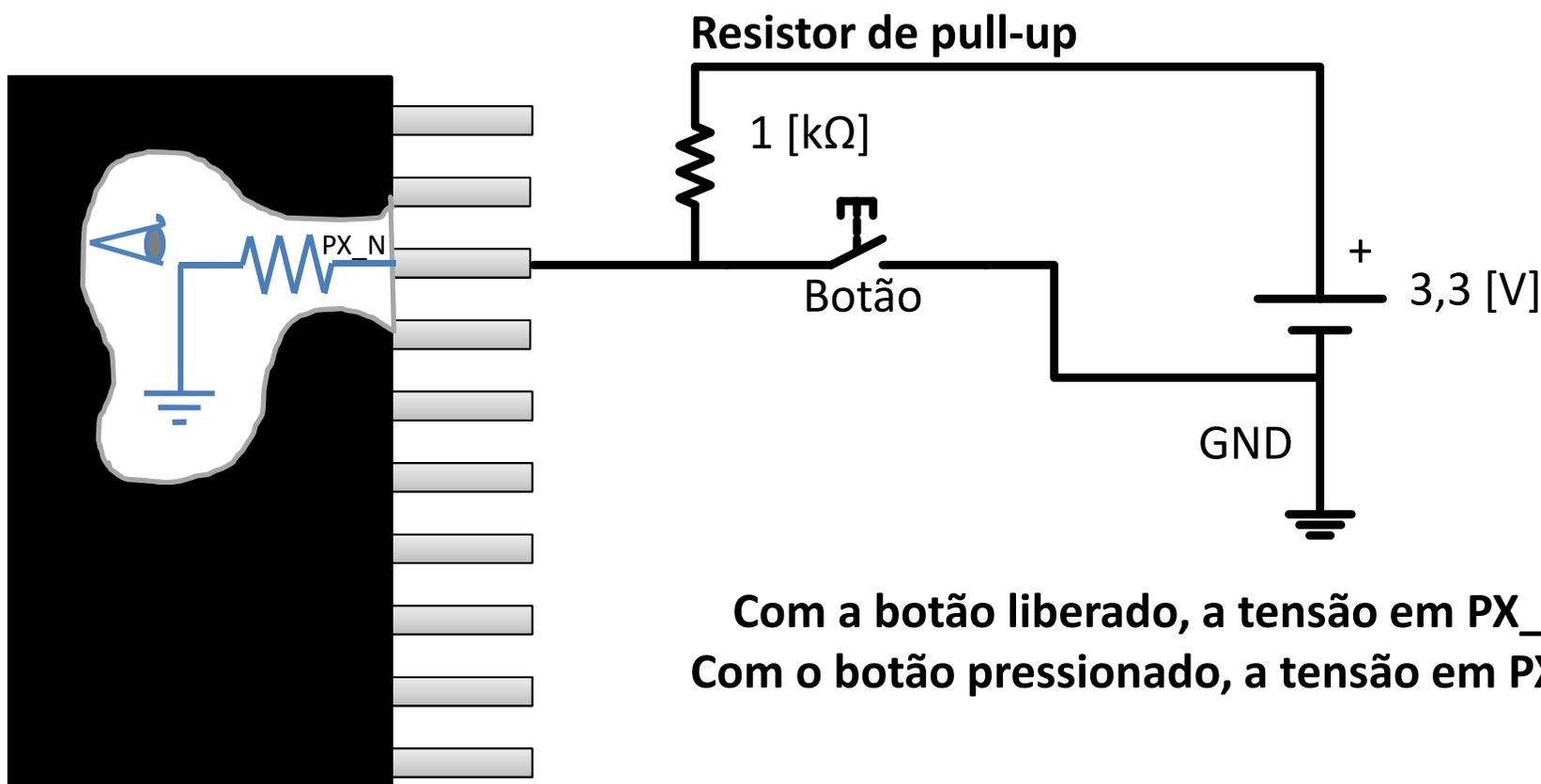


Com a botão liberado, a tensão em `PX_N` é  $0,0 \text{ [V]}$ .  
Com o botão pressionado, a tensão em `PX_N` é  $3,3 \text{ [V]}$ .



## Aplicação dual: uso de resistor de pull-up

- Para garantir que a tensão aplicada em um dado terminal sempre assuma uma tensão conhecida, no nível lógico um, quando o botão não está pressionado.

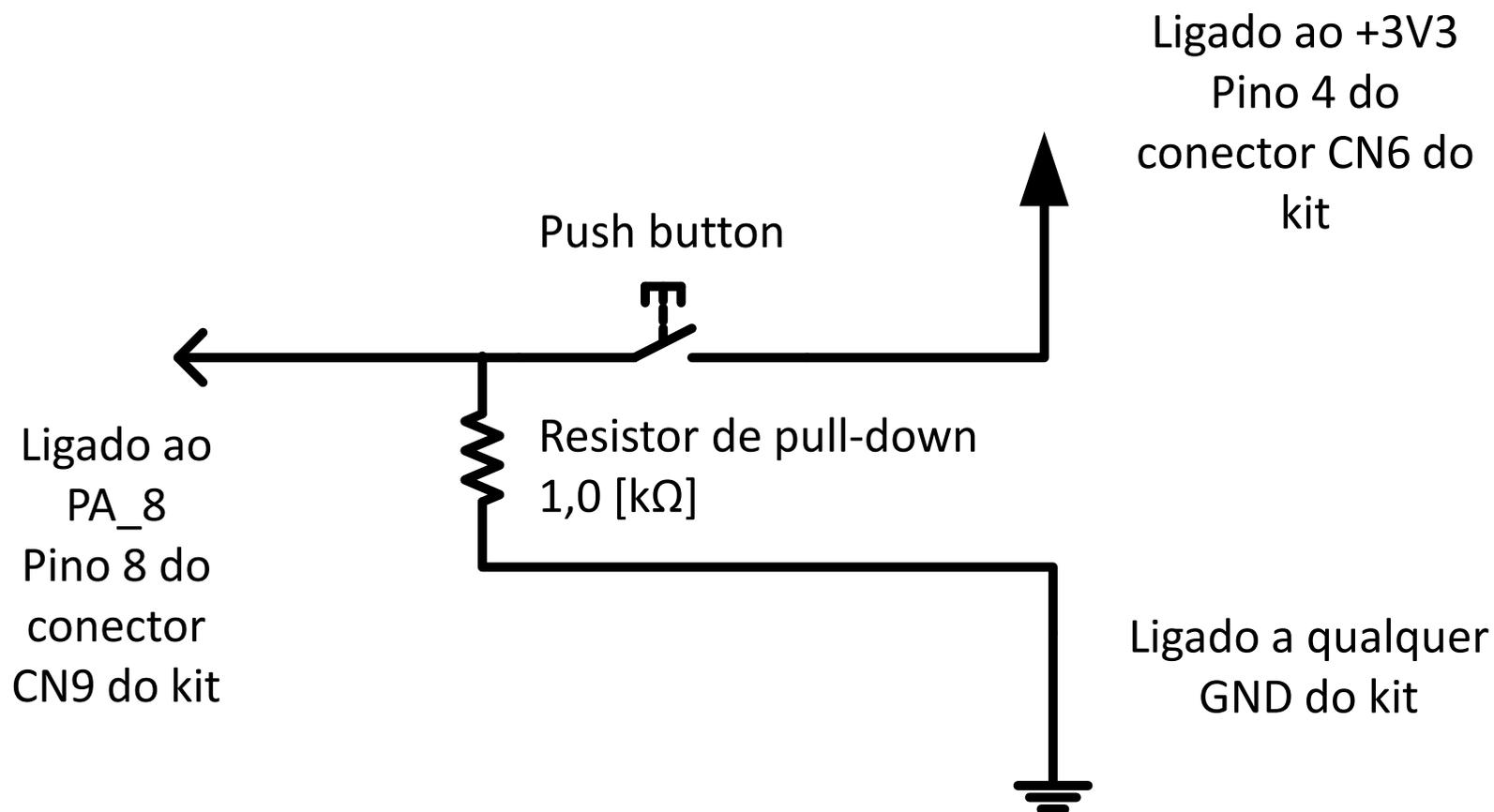


Com a botão liberado, a tensão em `PX_N` é 3,3 [V].  
Com o botão pressionado, a tensão em `PX_N` é 0,0 [V].



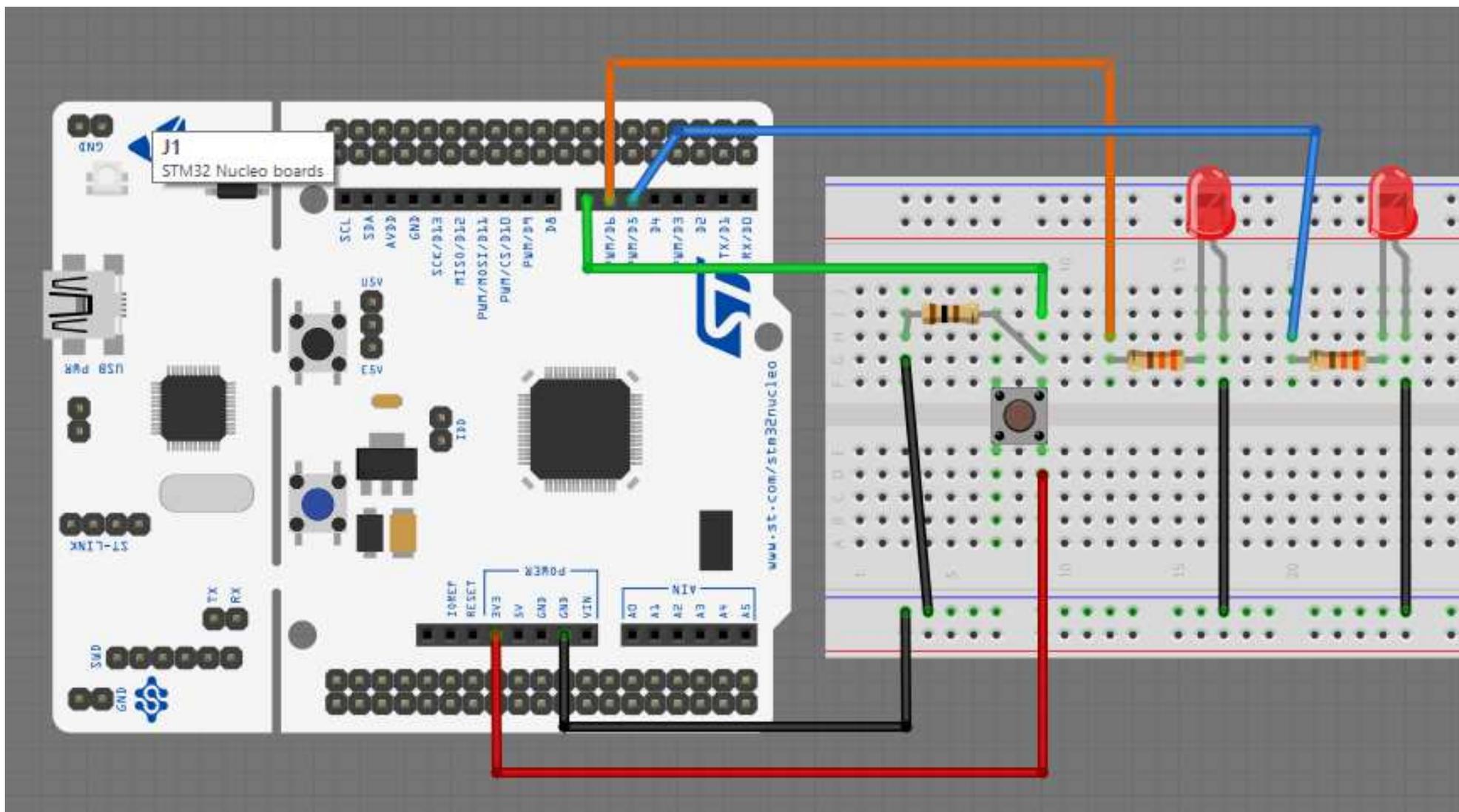
# Montagem de botão com pull-down

- Montar na protoboard e interconectar ao kit Freedom.





# Montagem com protoboard de mercado e kit.





# Programa para desenvolver no MBED

- Criar um novo projeto do MBED (menu New, New Program...)
  - Template “Empty project”, não se esqueça de fazer “Import Library... Mbed”, depois “New File...” (botão direito no projeto) para criar um arquivo Principal.cpp para editá-lo, ou;
  - Template “mbed OS blink hellow world”, editando o arquivo main.cpp gerado automaticamente.
- Copiar o código fonte que se encontra no arquivo EntradaDigital.cpp disponível no eDisciplinas
- Analisar o funcionamento.
- Verificar a operação do sistema.



# Programa para desenvolver no MBED

```
#include <mbed.h>
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    DigitalIn botao(PA_8);
```

```
    DigitalOut led_1(PB_4);
```

```
    DigitalOut led_2(PB_10);
```

```
    while(1) {
```

```
        if(botao) {
```

```
            led_1=0;
```

```
            led_2=1;
```

```
        } else {
```

```
            led_1=1;
```

```
            led_2=0;
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

## EntradaDigital.cpp



# Programa para desenvolver no MBED

- É possível usar o próprio botão da placa (que já tem pull-down interno), não sendo necessário o botão externo. Obs.: Montagem na próxima página.

## EntradaDigital2.cpp

```
#include <mbed.h>
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    DigitalIn botao(USER_BUTTON);
```

```
    DigitalOut led_1(PB_4);
```

```
    DigitalOut led_2(PB_10);
```

```
    while(1) {
```

```
        if(botão == 0) {
```

```
            led_1=0;
```

```
            led_2=1;
```

```
        } else {
```

```
            led_1=1;
```

```
            led_2=0;
```

```
        }
```

```
    }
```

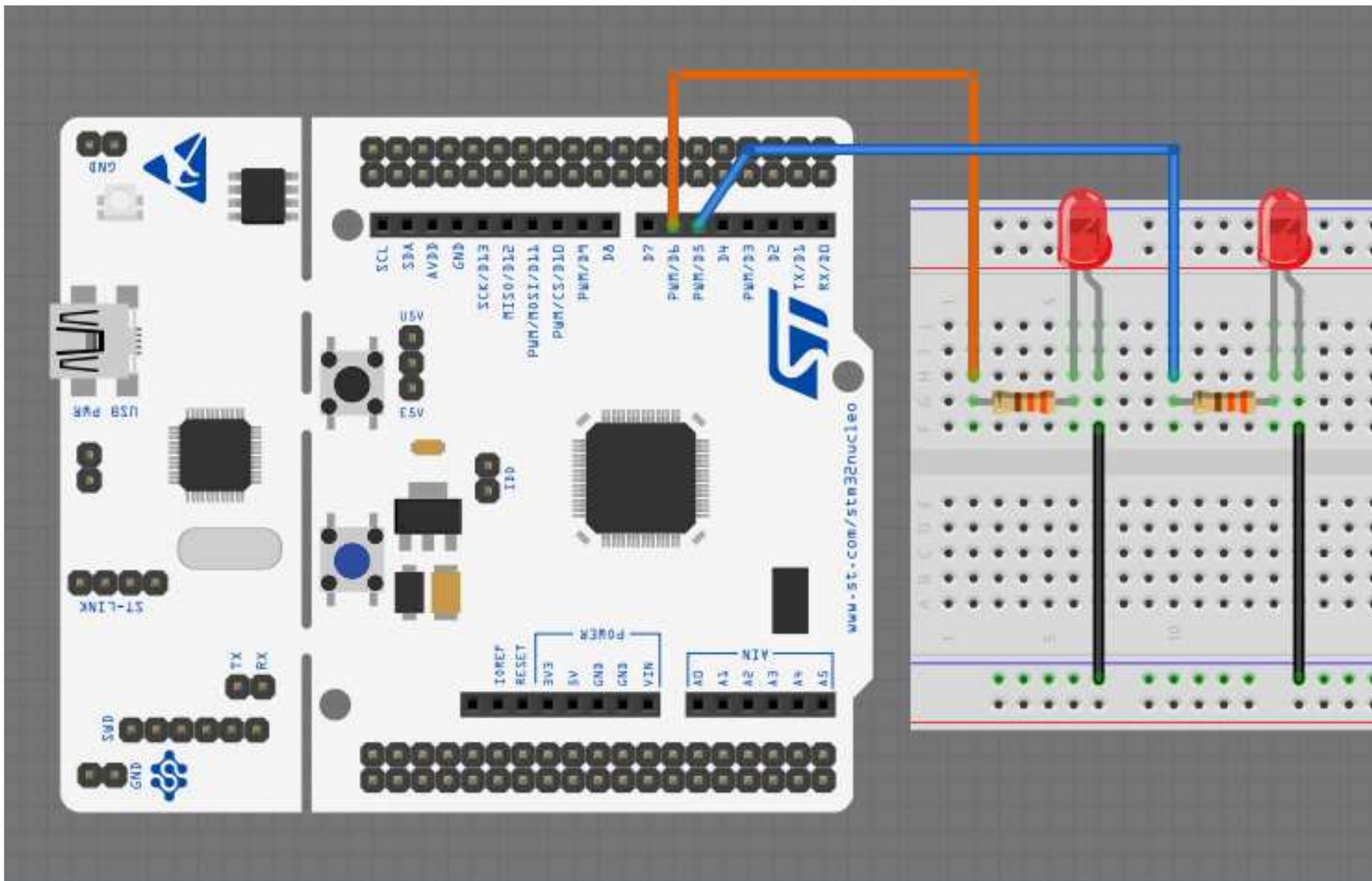
```
}
```

Modificação do código para usar o botão da placa.

No caso, o botão funciona como se tivesse um resistor de pull\_up, por isso se altera o código para “ botão == 0 ”.



# Montagem apenas com botão de usuário





# Outro exemplo de aplicação

## EntradaDigitalToggle.cpp

```
#include <mbed.h>

int main(void)
{
    int lastbotao = 1;
    DigitalIn botao(USER_BUTTON);
    DigitalOut led_1(PB_4);
    DigitalOut led_2(PB_10);

    led_1=1;
    led_2=0;
    while(1) {
        if(botao==0 && lastbotao==1)
        {
            led_1 = !led_1;
            led_2 = !led_2;
        }
        lastbotao = botao;
        //wait(0.1);
    }
}
```

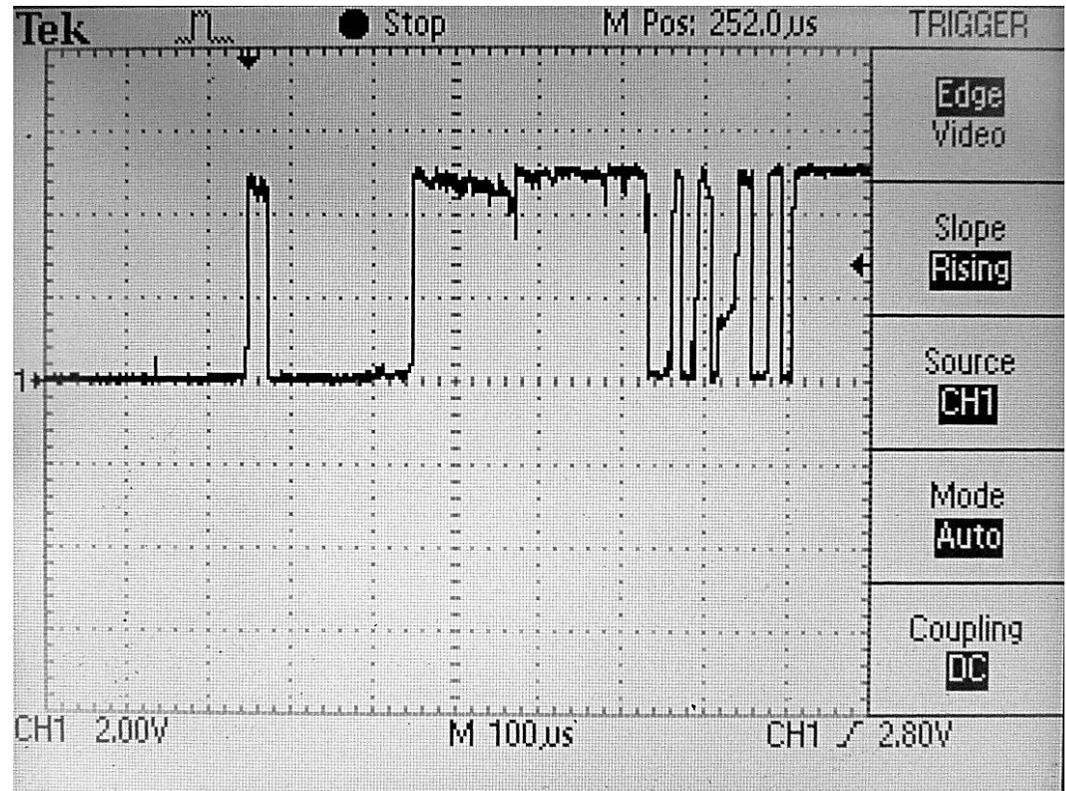
← Esta linha está comentada, mas ela é importante para que o programa execute corretamente. Tente entender o papel dessa instrução neste programa.



# Problemas típicos de chaves e botões

- **Bouncing**

- Incerteza
- Repique do contato
- Devido à parte mecânica da chave



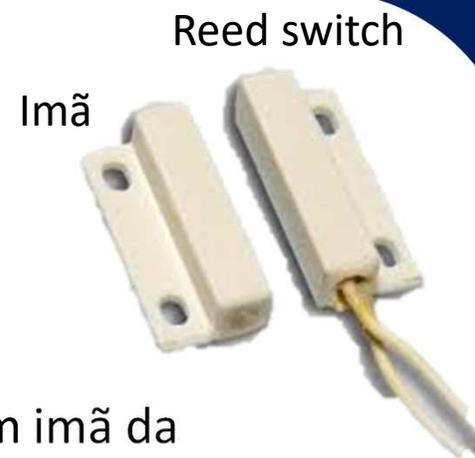
- **Resistância de contato**

- Quando pressionado, o botão deveria ter resistância equivalente igual a zero.
- Mas o contato se desgasta e envelhece com o tempo.

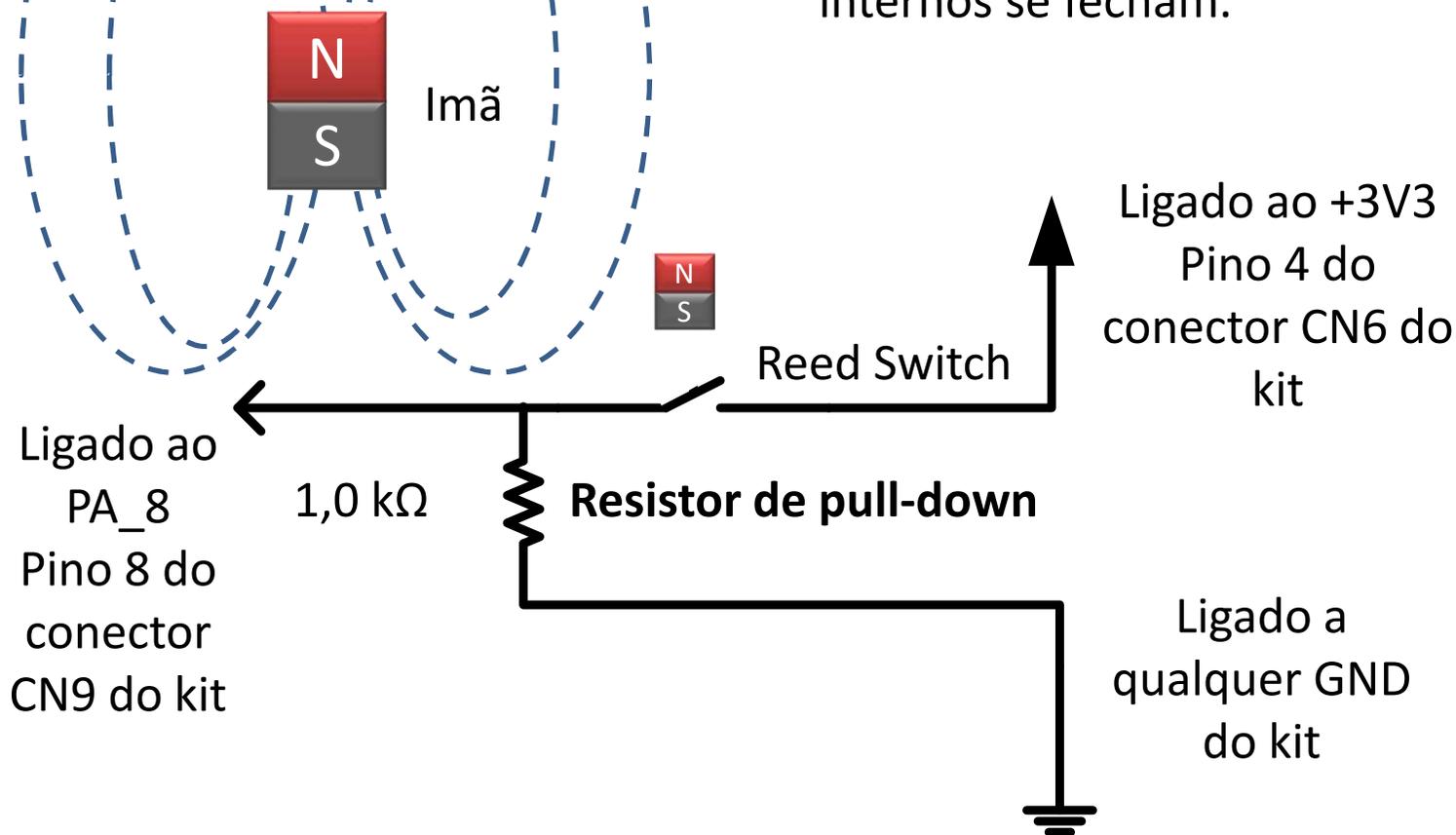


# Outros tipos de chaves

- Reed Switch: ativado pelo campo magnético.



Ao aproximar um ímã da ampola de vidro, os contatos internos se fecham.





# Para saber mais

- Orsini, Luiz Queiroz, “Curso de Circuitos Elétricos - Vol. 1”, Editora Edgard Blucher, 2ª Edição, 1998.
- Mbed, <http://mbed.org>.
- STM32F072 microcontroller ,  
<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f072rb.pdf>.
- Monk, S., “Hacking Electronics. An illustrated DIY guide for makers and hobbyists”, Mc Graw Hill Education, 2013.