BOSCH
Invented for life

Aula 3.2 - ESP 32

inside.Docupedia Export

Author: Lundgren Daniel (CtP/ETS)
Date: 15-Dec-2021 12:57

Table of Contents

Nesta aula iremos consultar as especificações fornecidas pelo fabricante da ESP 32, assim como suas funcionalidades e periféricos. Também será apresentada uma introdução à linguagem de programação C/C++, além da Arduino IDE, que será utilizada para construir nossos programas e gravá-los na ESP 32.

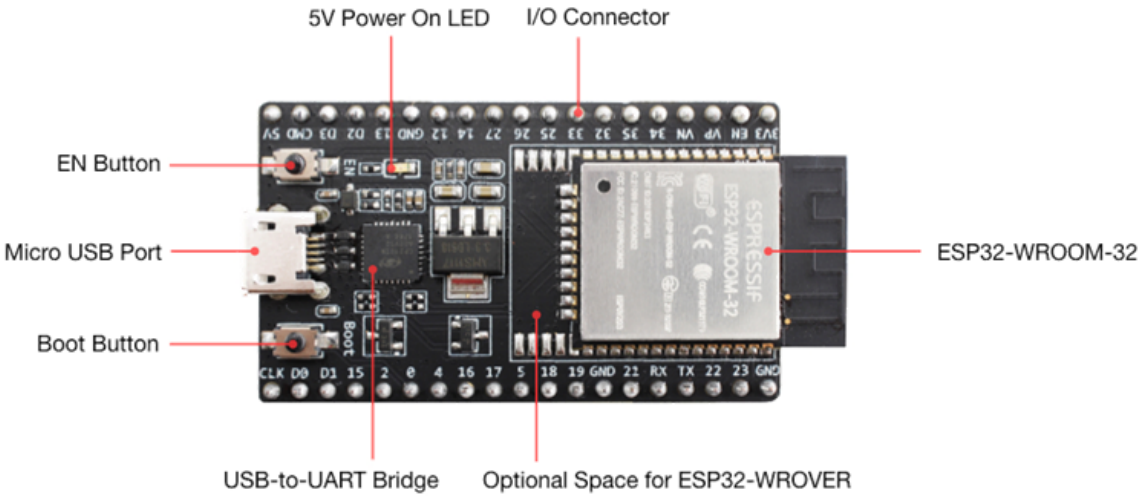
1 Especificações ESP 32

ESP32-WROOM-32 é um módulo microcontrolado Wi-Fi + BT + BLE genérico e poderoso que visa uma ampla variedade de aplicativos, que vão desde redes de sensores de baixa potência até as tarefas mais exigentes, como codificação de voz, streaming de música e decodificação de MP3.

No centro deste módulo está o chip ESP32-D0WDQ6. O chip embutido é projetado para ser escalável e adaptativo. Existem dois núcleos da CPU que podem ser controlados individualmente, e a frequência do clock da CPU é ajustável de 80 MHz a 240 MHz. O chip também possui um coprocessador de baixo consumo que pode ser usado no lugar da CPU para economizar energia ao executar tarefas que não requerem muito poder de computação, como o monitoramento de periféricos. ESP32 integra um rico conjunto de periféricos, variando de sensores de toque capacitivos, sensores Hall, SD interface de cartão, Ethernet, SPI de alta velocidade, UART, I²S e I²C. O chip ESP32-D0WDQ6 possui dois microprocessadores Xtensa® 32-bit LX6

A integração de Bluetooth®, Bluetooth LE e Wi-Fi garante que uma ampla gama de aplicativos possa ser direcionada, e que o módulo é versátil: o uso de Wi-Fi permite um grande alcance físico e conexão direta com a Internet através de um roteador Wi-Fi, enquanto usa o Bluetooth permite que o usuário se conecte convenientemente ao telefone ou transmita balizas de baixa energia para sua detecção.

Categories	Items	Specifications
Hardware	Module interfaces	SD card, UART, SPI, SDIO, I²C, LED PWM, Motor PWM, I²S, IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC, Two-Wire Automotive Interface (TWAI®, compatible with ISO11898-1)
	On-chip sensor	Hall sensor
	Integrated crystal	40 MHz crystal
	Integrated SPI flash	4 MB
	Operating voltage/Power supply	3.0 V ~ 3.6 V
	Operating current	Average: 80 mA
	Minimum current delivered by power supply	500 mA
	Recommended operating temperature range	–40 °C ~ +85 °C
	Package size	(18.00±0.10) mm × (25.50±0.10) mm × (3.10±0.10) mm
	Moisture sensitivity level (MSL)	Level 3
Wi-Fi	Protocols	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps)
		A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4 μs guard interval support
	Frequency range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
Bluetooth	Protocols	Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
	Radio	NZIF receiver with –97 dBm sensitivity
		Class-1, class-2 and class-3 transmitter
		AFH
	Audio	CVSD and SBC



Boot Button: Este botão é utilizado para gravar o programa no módulo, e durante o upload devemos manter o botão boot pressionado.

Micro USB: A placa é energizada utilizando um port interno Micro USB. Este port também pode ser utilizado para conectar a placa no computador e realizar upload do programa.

RESET Button: Este botão é utilizado para resetar a placa.

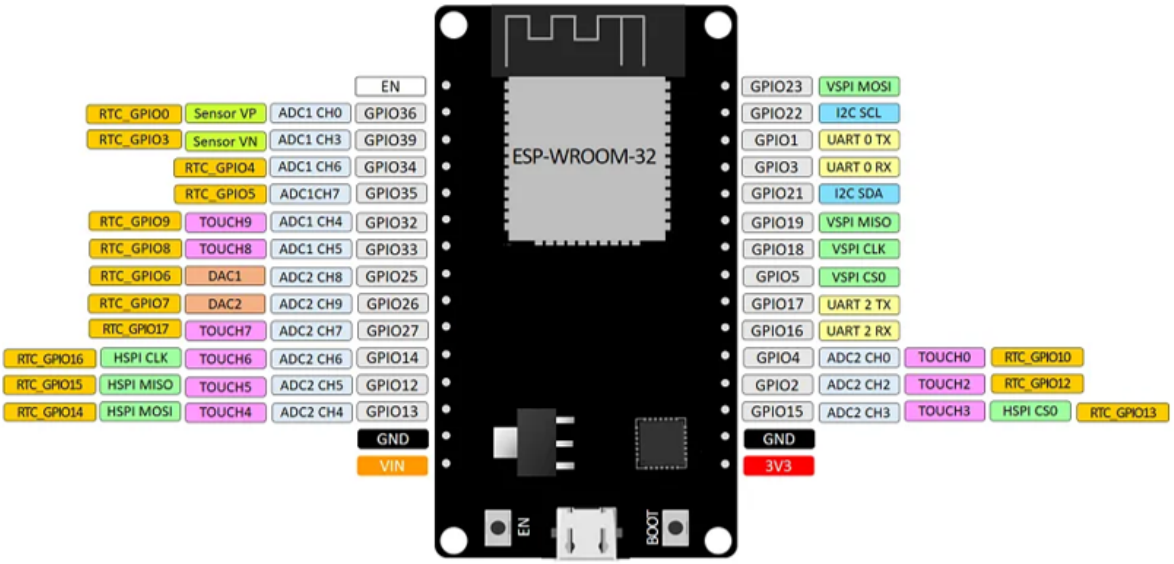
Touch Sensor: Este módulo possui 10 sensores capacitivos conectador a pinos GPIO:

- Touch0 (GPIO4)
- Touch1 (GPIO0)
- Touch2 (GPIO2)
- Touch3 (GPIO15)
- Touch4 (GPIO13)
- Touch5 (GPIO 12)
- Touch6 (GPIO14)
- Touch7 (GPIO27)
- Touch8 (GPIO33)
- Touch9 (GPIO32)

Estes pinos GPIO podem sentir variações se tocados por qualquer coisa que conduz energia elétrica, como a pele humana por exemplo. Portanto, quando tocamos o pino GPIO com nosso dedo, uma variação é gerada e é lida pelo sensor. Podemos utilizar a função **touchRead(GPIO)** para ler o valor do sensor Touch.

Sensor Hall Effect: Esta placa possui um sensor integrado Hall Effect, que é utilizado para medir mudanças no campo magnético ao seu redor.

1.1 Mapeamento de pinos ESP 32



A placa ESP 32 consiste em um conjunto de 38 pinos que podem ser usados para conectá-la aos sensores e componentes externos. Destes 38 pinos, 25 pinos são pinos GPIO que podem ser usados para uma série de funções diferentes.

Pinos de alimentação:

A placa vem com dois pinos de alimentação - um pino de 5 V e um pino de 3,3 V. O pino de 5 V pode ser usado para fornecer diretamente o ESP32 e seus periféricos se você tiver uma fonte de tensão de 5 V regulada. Embora o pino de 3,3 V seja a saída de um regulador de tensão (CP2102), ele pode ser usado para ligar os componentes externos.

GND:

O pino de terra da ESP 32 é utilizado para completar o circuito.

ADC (Analog to Digital Converter) Channels:

A placa possui 18 conversores ADC do tipo SAR de resolução 12 bits, que suportam medições em 15 canais (analog enabled pins):

- ADC1_CH0 (GPIO 36)
- ADC1_CH1 (GPIO 37)
- ADC1_CH2 (GPIO 38)
- ADC1_CH3 (GPIO 39)
- ADC1_CH4 (GPIO 32)
- ADC1_CH5 (GPIO 33)
- ADC1_CH6 (GPIO 34)
- ADC1_CH7 (GPIO 35)
- ADC2_CH0 (GPIO 4)
- ADC2_CH1 (GPIO 0)
- ADC2_CH2 (GPIO 2)
- ADC2_CH3 (GPIO 15)
- ADC2_CH4 (GPIO 13)
- ADC2_CH5 (GPIO 12)

- ADC2_CH6 (GPIO 14)
- ADC2_CH7 (GPIO 27)
- ADC2_CH8 (GPIO 25)
- ADC2_CH9 (GPIO 26)

DAC (Digital to Analog Converter) Channels:

A placa possui dois DAC de 8 bits que podem ser utilizados para converter um sinal digital em um sinal analógico:

- DAC_1 (GPIO25)
- DAC_2 (GPIO26)

UART (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)* Pins:

A placa de desenvolvimento ESP32 tem três interfaces UART, - UART0, UART1 e UART2, que fornecem comunicação assíncrona entre os dispositivos habilitados para UART até uma velocidade de 5 Mbps. A interface UART na placa de desenvolvimento também consiste em dois pinos extras que permitem que o receptor e o remetente alertem um ao outro sobre seu estado atual - pinos de sinais CTS e RTS.

UART0 Pins:

- U0 TXD (GPIO1)
- U0 RXD (GPIO3)
- U0 CTS (GPIO19)
- U0 RTS (GPIO22)

UART1 Pins:

- U1 TXD (GPIO10)
- U1 RXD (GPIO9)
- U1 CTS (GPIO6)
- U1 RTS (GPIO11)

UART2 Pins:

- U2 TXD (GPIO17)
- U2 RXD (GPIO16)
- U2 CTS (GPIO8)
- U2 RTS (GPIO7)

Pinos SPI:

A placa possui três SPIs (SPI, HSPI e VSPI) nos modos escravo e mestre. Esses pinos são usados para conectar os dispositivos habilitados para SPI externos.

SPI Pins on board:

- SPI_D (GPIO8)
- SPI_WP (GPIO10)
- SPI_HD (GPIO9)
- SPI_Q (GPIO7)
- SPI_CLK (GPIO6)
- SPI_CS0 (GPIO11)

HSPI Pins:

- V_SPI_ID (GPIO23)
- V_SPI_WP (GPIO22)
- V_SPI_HD (GPIO21)

- V_SPI_Q (GPIO19)
- V_SPI_CLK (GPIO18)
- V_SPI_CS0 (GPIO5)

VSPI Pins:

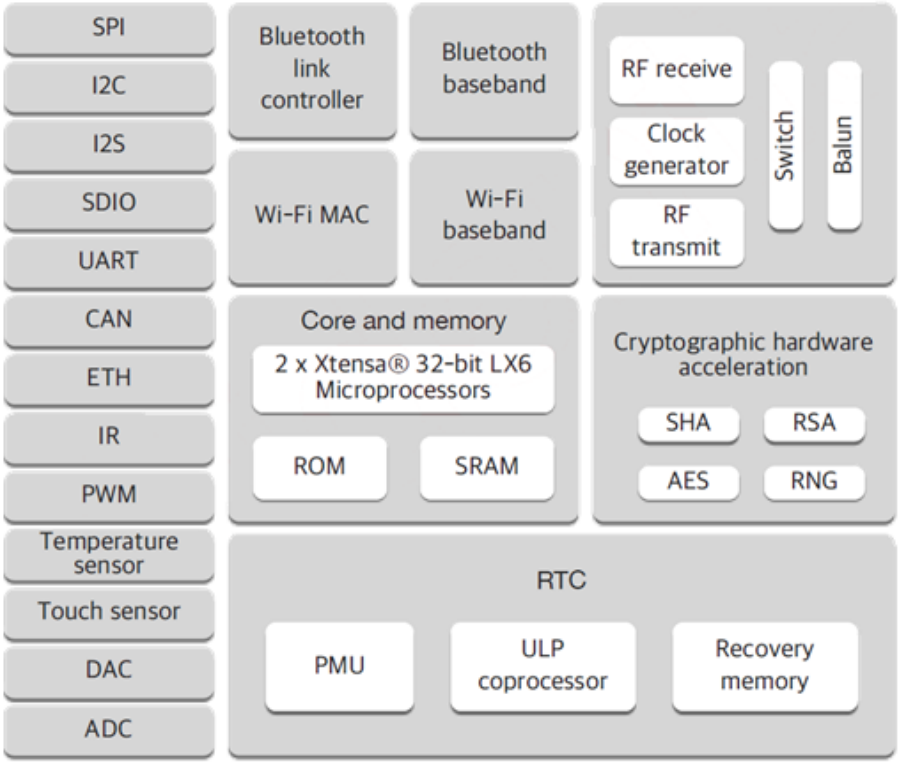
- HSPI_ID (GPIO13)
- HSPI_WP (GPIO2)
- HSPI_HD (GPIO4)
- HSPI_Q (GPIO12)
- HSPI_CLK (GPIO14)
- HSPI_CS0 (GPIO15)

Pinos PWM:

A placa vem com 25 pinos habilitados para PWM (quase todos os pinos GPIO). A saída PWM pode ser usada para acionar motores digitais e LEDs.

Pino EN ou ENABLE:

En é uma abreviação de Enable. Este pino habilita o regulador de 3,3 V. Quando ele é colocado em nível lógico baixo, o microcontrolador é resetado.



O sistema operacional escolhido para ESP32 é freeRTOS com LwIP; TLS 1.2 com aceleração de hardware é integrado no módulo também. A atualização segura (criptografada) pelo ar (OTA) também é suportada, para que os usuários possam atualizar seus produtos mesmo após seu lançamento, com custo e esforço mínimos.

1.2 FreeRTOS

FreeRTOS é um sistema operacional criado para operar em sistemas embarcados e sistemas IoT. Este é um sistema operacional em tempo real e de código aberto, tendo como objetivo facilitar a programação, a implantação, a segurança, a conexão e o gerenciamento de dispositivos de borda pequenos com baixo consumo de energia. Distribuído gratuitamente sob a licença de código aberto do MIT, o FreeRTOS inclui um kernel e um conjunto crescente de bibliotecas de software adequados para o uso em vários setores e aplicações. Isso inclui conectar em segurança seus dispositivos pequenos de baixo consumo de energia a Serviços de Nuvem da AWS, como o AWS IoT Core, ou a dispositivos de borda mais potentes que executam o AWS IoT Greengrass.

Você poderá conectar os dispositivos do FreeRTOS com segurança a serviços na nuvem como o AWS IoT Core, a um dispositivo de borda local ou a um dispositivo móvel via Bluetooth Low Energy e atualizá-los remotamente usando o recurso de atualização OTA disponibilizado pelo AWS IoT Device Management.

2 Programação em linguagem C

A programação na ESP-32 é feita em linguagem C e C++, e iremos utilizar a Arduino IDE, que contém bibliotecas para manipulação dos periféricos do microcontrolador.

Agora veremos pequenas diferenças entre a linguagem Python e a linguagem C:

2.1 Linguagem C vs Python

Para declarar nossas variáveis no Arduino é preciso fazer um casting, ou seja, declarar o tipo da variável.

Casting

```
int x;
int y = 2;
float z = 4.2;
char w = "abc";
```

Note que no final de cada linha foi colocado um ‘;’, o uso desse símbolo é obrigatório ao final de toda instrução do código. Além disso, podemos declarar a variável com um valor predefinido ou não.

Para importar bibliotecas é utilizado o #include

Include

```
#include <WiFi.h>
```

Podemos definir um valor fixo para um nome, utilizando #define

Define

```
#define ZERO 0
```

Em Python os blocos de instrução eram definidos pela identação.

Python instruction block

```
if x == 0
    print('x = 0')
```

Em linguagem C os blocos de instrução são definidos por chaves.

C instruction block

```
if (x == 0) {
    print("x = 0");
}
```

- A confição **if** deve estar entre parênteses
- Toda string deve estar entre aspas duplas, a não ser que seja apenas um caractere.
- Em C++ não existe *elif*, mas sim *else if*.

Veja como é a notação do comando **for** em C++:

For command

```
for(i = 0; i < 10; i++) {
    print(i);
}
```

Dentro dos parênteses o comando for recebe três argumentos:

- i=0: a variável começa o loop valendo 0;
- i<10: o loop vai se repetir enquanto i for menor que 10;
- i++: é o mesmo que escrever “i = i+1”, significa que a cada repetição a variável será incrementada de 1.

Exemplo de comando **While**:

While command

```
while(x > 10) {
    print("x é maior que 10");
}
```

Para gerar um loop infinito **(while True)**:

While true

```
while(1) {
    print("loop infinito");
}
```

Em linguagem C também existe o comando **break** para sair de um loop.

Break command

```
int i = 0;

while(1) {
    i++;
    if(i == 5) {
        break;
    }
}
```

Declaração de funções:

Function declare

```
int somavar(int x, int y, int z) {
    return x+y+z;
}
```

O exemplo acima mostra uma declaração de função, vamos ver do que ela é composta:

- **int**: o tipo de dado do valor que a função retorna, se ela não retornar nada, se escreve void;
- **somaVar**: o nome da função, é a partir dele que ela é chamada no decorrer do programa;
- **(int x, int y, int z)**: os parâmetros da função, note que deve ser feito o casting neste caso;
- **return**: o valor retornado pela função.

Comando **switch**:

Switch command

```
switch(x) {
    case 1:
        print("x = 1");
        break;
    case 2:
        print("x = 2");
        break;
    case 3:
        print("x = 3");
    default:
        break;
}
```

- O exemplo acima é do comando switch. Ele não existe em Pyhton, mas é muito útil em linguagem C;
- Ele irá analisar o valor da variável x, e executará a instrução caso seja algum dos valores declarados;
- Se o valor for diferente dos declarados, ele executa a instrução *default*.

2.1.1 Diferenças operadores C e Python

C = Python

Operadores de comparação

!= (diferente de)

< (menor que)

<= (menor ou igual a)

== (igual a)

> (maior que)

>= (maior ou igual a)

C:

Operadores Booleanos

! (NÃO Lógico)

&& (E lógico)

| | (OU lógico)

Python: No python nós utilizávamos as palavras para referir a esses operadores booleanos:

- **NOT**
- **AND**
- **OR**

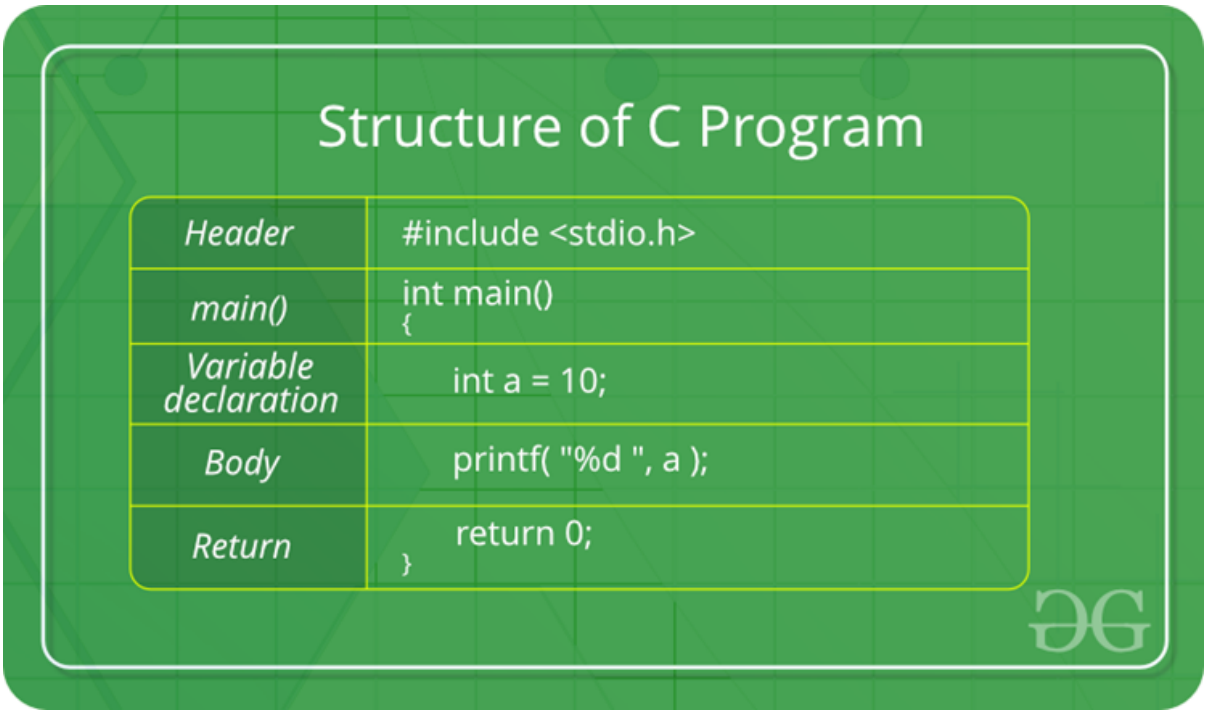
C:

Números aleatórios

random()

Python: usamos o import random → random.randint( )

2.2 Estrutura de um programa em C



3 Arduino IDE

Uma **IDE (Integrated Development Environment)** é um recurso extremamente útil ao criar aplicações que envolvem programação e desenvolvimento, e também quando há integração com outras plataformas. Nela, vários processos são unificados em uma única interface, sendo alguns deles:

- Editor de texto para códigos-fonte;
- Ferramentas de compilação, que transforma o código escrito pelo usuário em um código compreensível para a máquina;
- Auto-preenchimento de comandos, prevendo o trecho que o desenvolvedor irá digitar;
- Ferramentas de *debug*, que realiza testes em trechos de códigos, a fim de se encontrar erros com facilidade;
- Otimização do código por meio do compilador;

Neste módulo, iremos utilizar a IDE do Arduino para a programação da ESP 32. Nela existem diversas caracterísiticas e benefícios, sendo alguns deles:

- Diversidade de bibliotecas para recursos específicos;
- Interface simples e intuitiva;
- Baixa complexidade no editor de códigos e compilação;
- Compatibilidade com um grande número de placas diferentes;
- Linguagem própria baseada na linguagem C e C++;
- Recomendado para aplicações com fins educacionais.

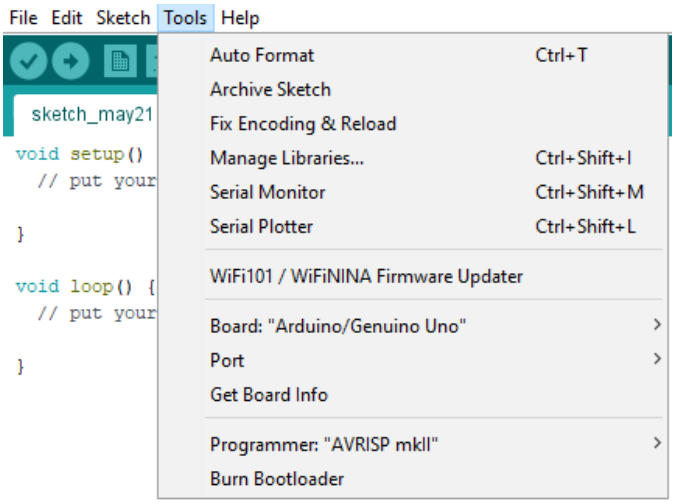
O **ciclo de programação** na IDE Arduino pode ser dividido da seguinte maneira:

1. Conexão da placa a uma porta USB do computador;
2. Desenvolvimento de um scketch com comandos para a placa;
3. Upload do sketch, utilizando a comunicação USB;
4. Aguardar reinicialização, após ocorrerá a execução do sketch criado;
5. A partir do upload para o Arduino, o computador não é mais necessário. O Arduino executará o sketch criado, desde que seja ligado a uma fonte de energia.

O IDE é dividido em três partes:

1. Toolbar no topo;
2. Código ou a Sketch Window no centro;
3. Janela de mensagens na base.

Os botões na Toolbar fornecem acesso rápido às funções mais utilizadas dentro desses menus:



Abaixo estão descritos os atalhos da IDE:

01 **Verify**
- Verifica se existe erro no código digitado.

02 **Upload**
- Compila o código e grava na placa Arduino se corretamente conectada;

03 **New**
- Cria um novo sketch em branco.

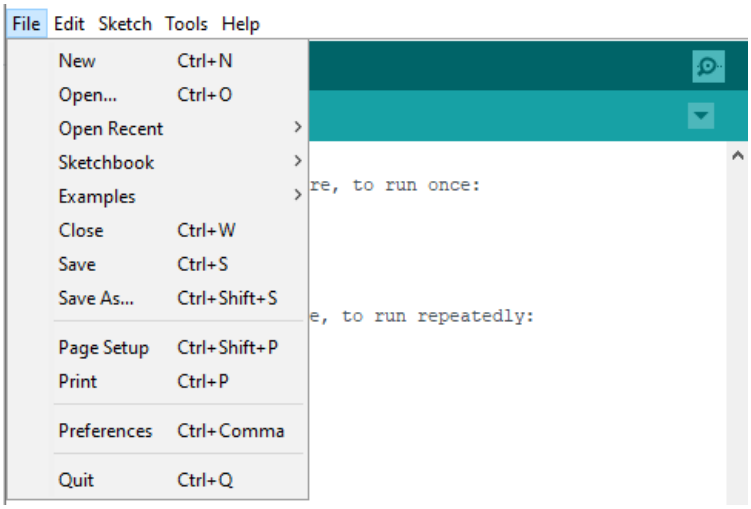
04 **Open**
- Abre um sketch, presente no sketchbook.

05 **Save**
- Salva o sketch ativo

06 **Serial monitor**
- Abre o monitor serial.

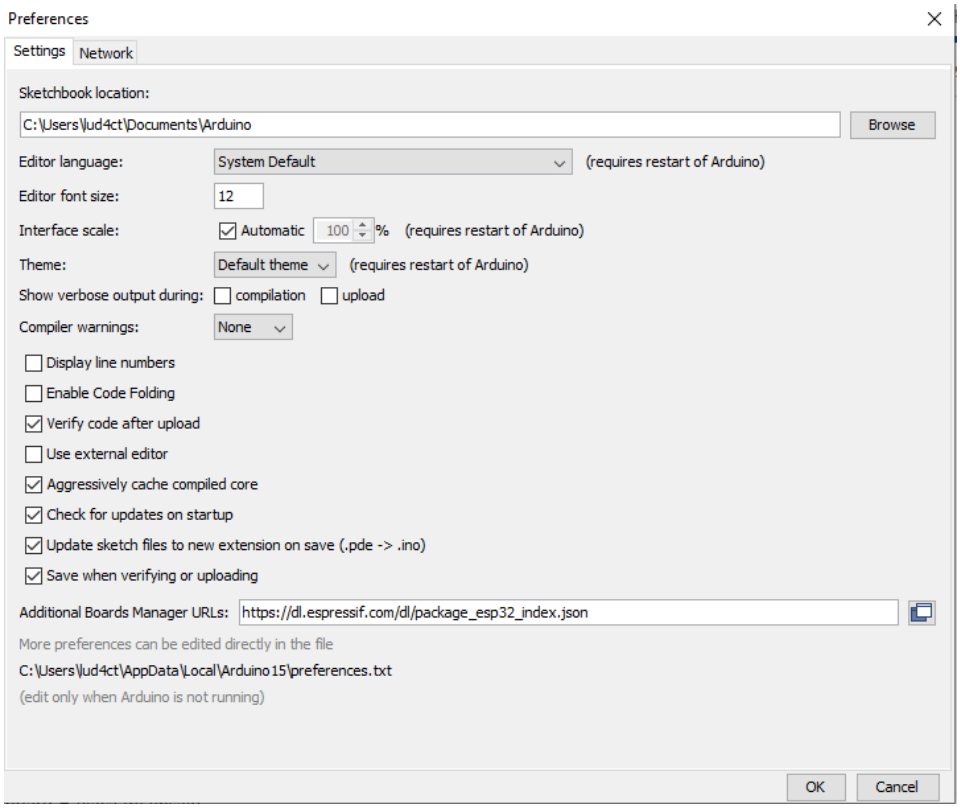
3.1 Conectando a placa

Para conectarmos a ESP 32 na Arduino IDE, devemos primeiramente baixar o board respectivo. Para isso devemos ir em File → Preferences

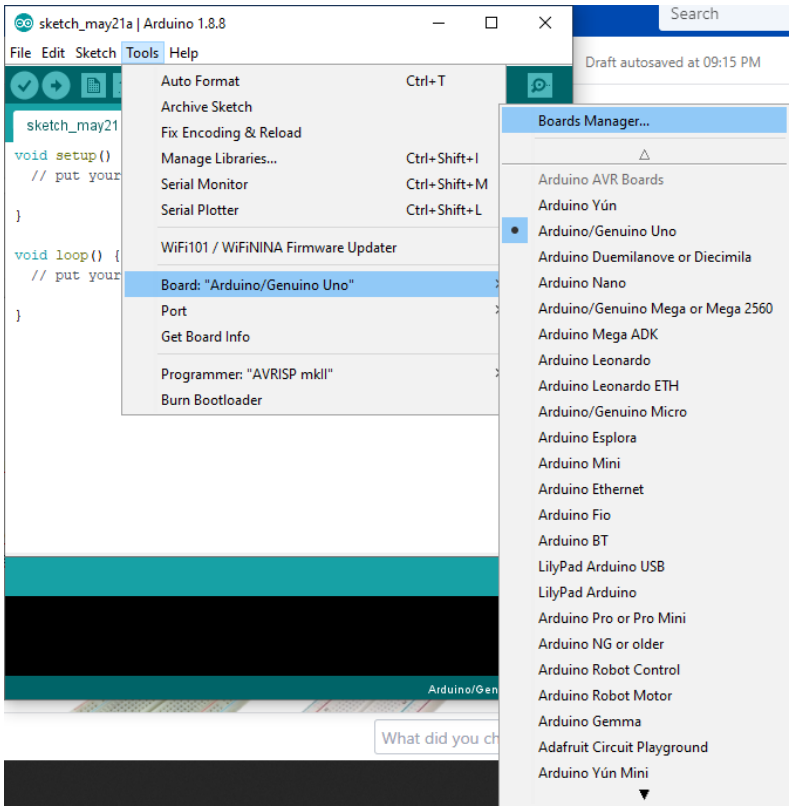


Na tela que abrir, adicione o seguinte link em "Adittional Boards Manager URLs" e clique em OK:

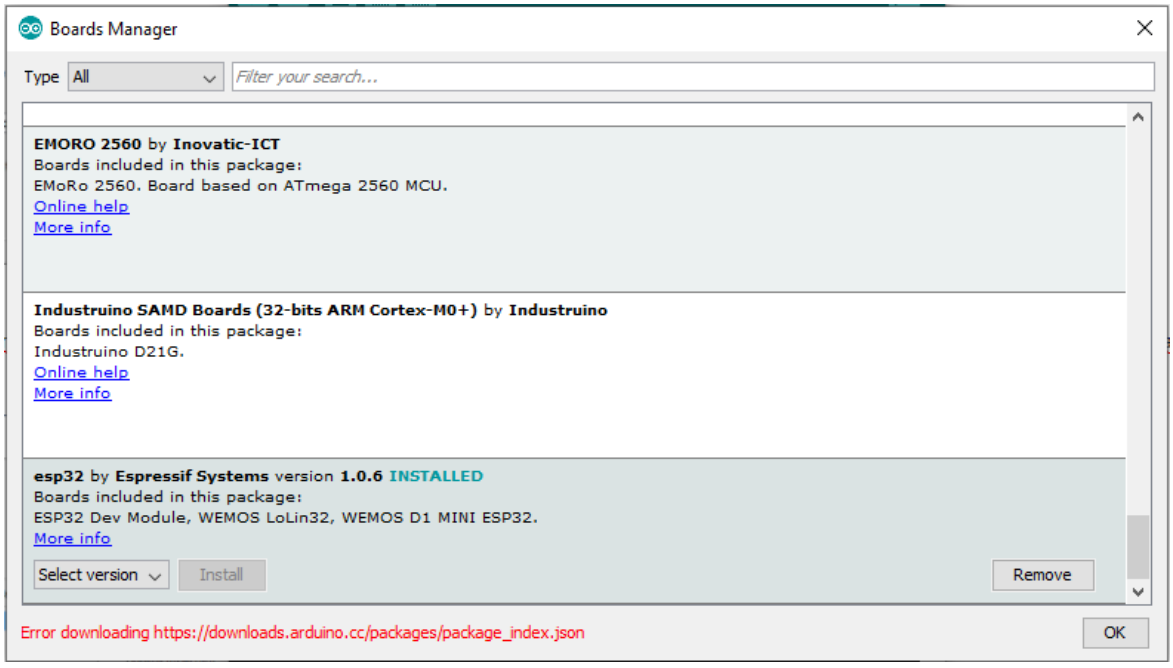
https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json



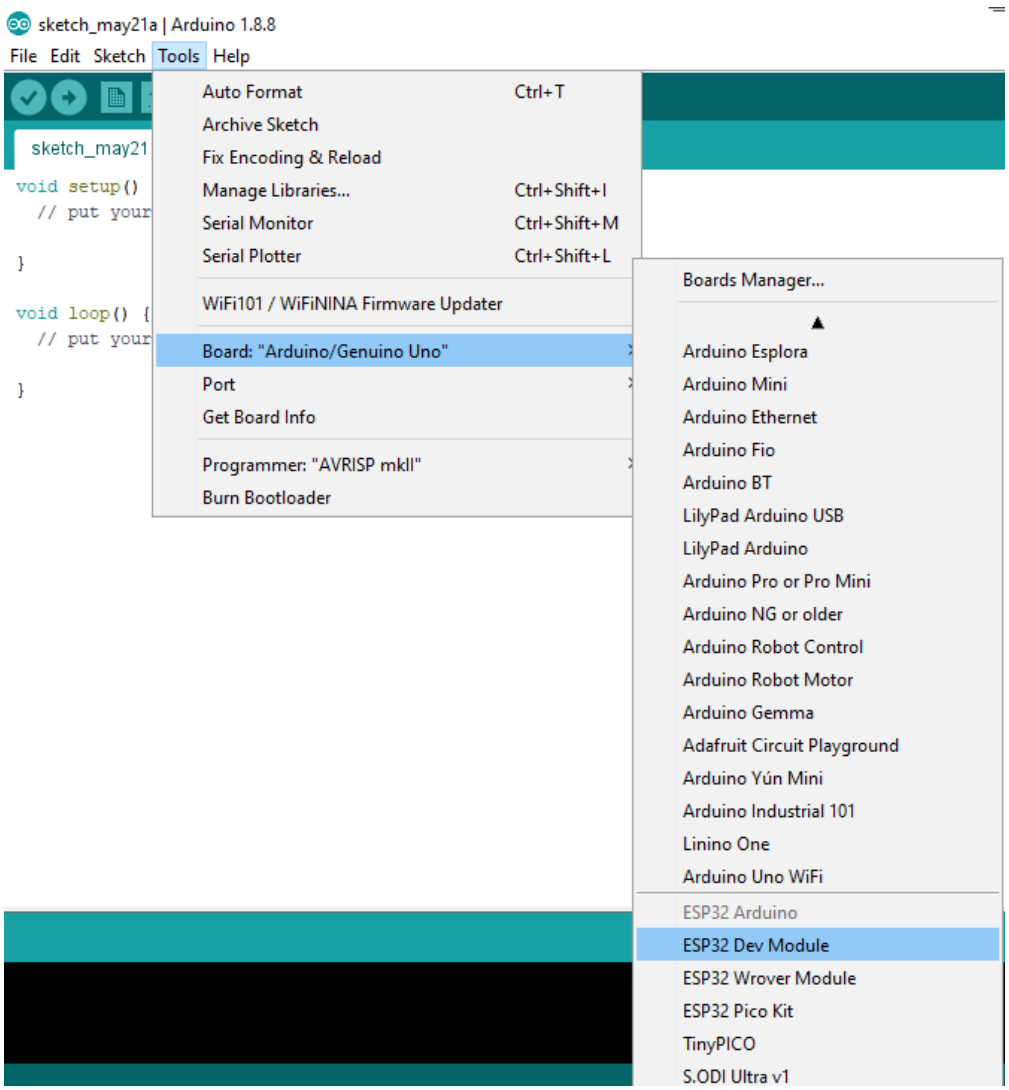
Após este procedimento, retorne a tela inicial da IDE e navegue até Tools → Board → Boards Manager, e então aguarde até que ele realize o download da listagem completa de placas.



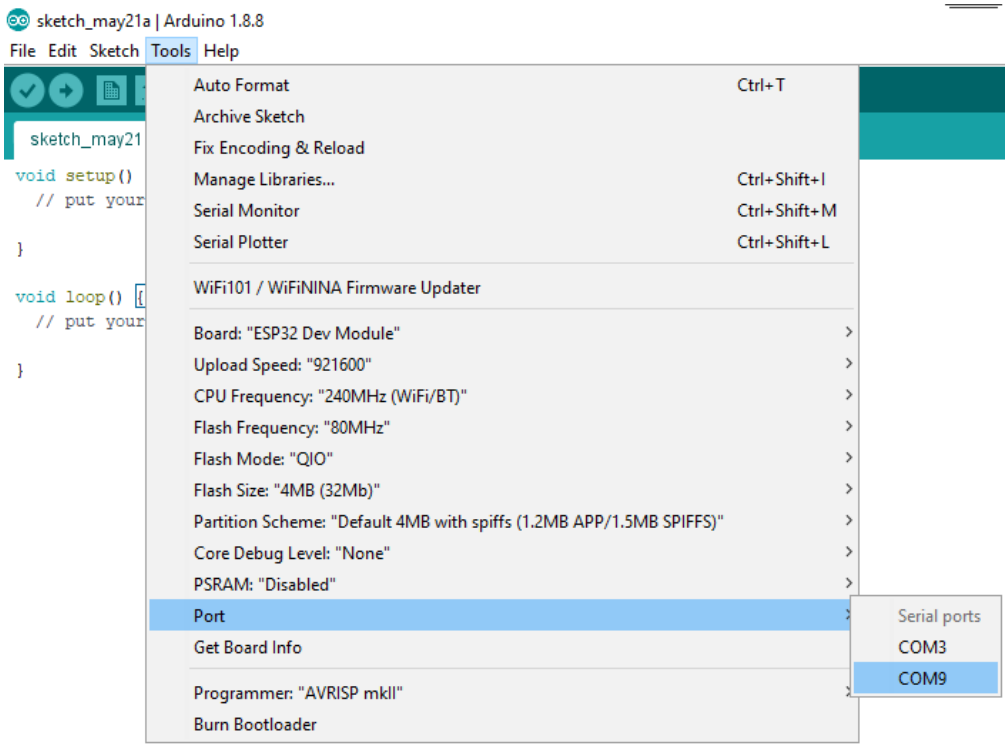
E então, encontre a board "esp32 by Espressif Systems" e clique em Install e aguarde até que seja instalado por completo.



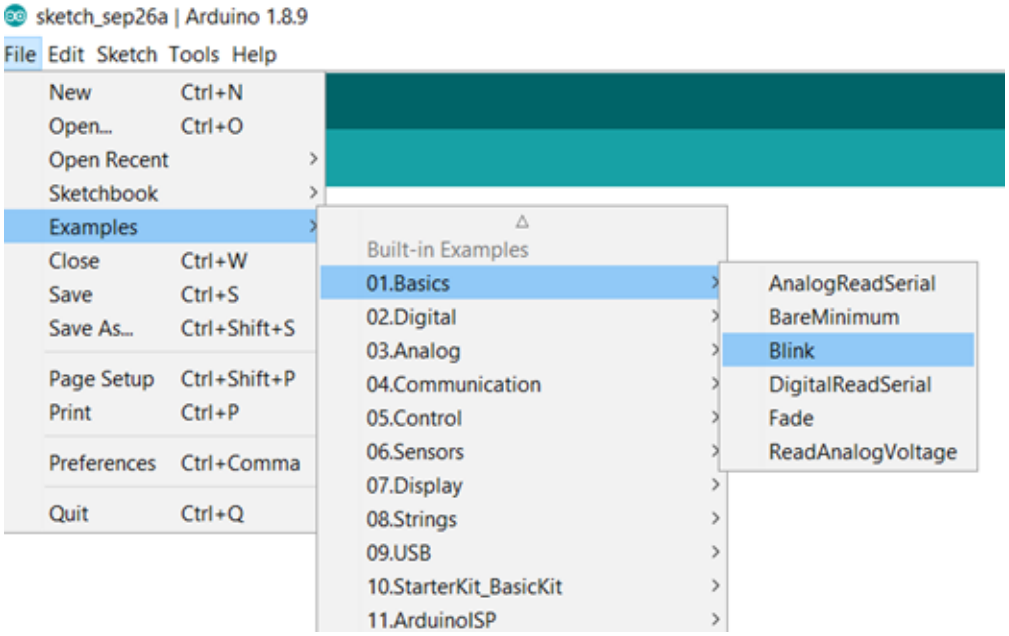
Para o próximo passo, conecte a placa no computador e selecione "ESP32 Dev Module" em Tools → Board



Selecione a porta serial em que a placa está conectada. (Nesse caso, a ESP 32 foi conectada na porta COM9)



- Para iniciar os estudos com a IDE do Arduino, o programa “Blink” será utilizado.
- Siga o passo a passo da imagem abaixo.
- Após selecionar “Blink” uma nova página se abrirá.
- Nesse momento, a janela anterior pode ser fechada, e então apenas a janela com o programa deverá ficar aberta.



O seguinte programa será aberto:

Blink

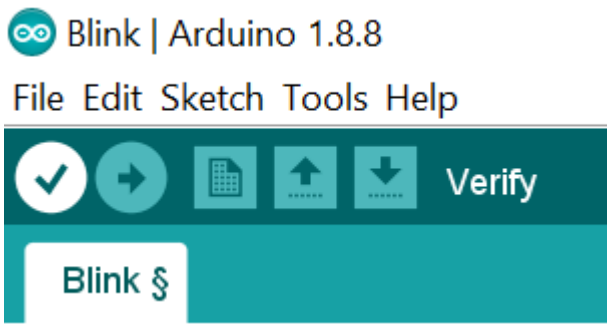
```
/*
  Blink

  Turns an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

  Most Arduinos have an on-board LED you can control. On the UNO, MEGA and ZERO
  it is attached to digital pin 13, on MKR1000 on pin 6. LED_BUILTIN is set to
  the correct LED pin independent of which board is used.
  If you want to know what pin the on-board LED is connected to on your Arduino
  model, check the Technical Specs of your board at:
  https://www.arduino.cc/en/Main/Products

  modified 8 May 2014
  by Scott Fitzgerald
  modified 2 Sep 2016
  by Arturo Guadalupi
  modified 8 Sep 2016
  by Colby Newman

  This example code is in the public domain.

  http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
*/

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);   // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);                       // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);    // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);                       // wait for a second
}
```

Antes de compilar e gravar, altere a constante "LED_BUILTIN" para "2", pois assim iremos atuar no pino 2 da ESP, que é o pino com o led onboard. Assim, o código ficará dessa forma:

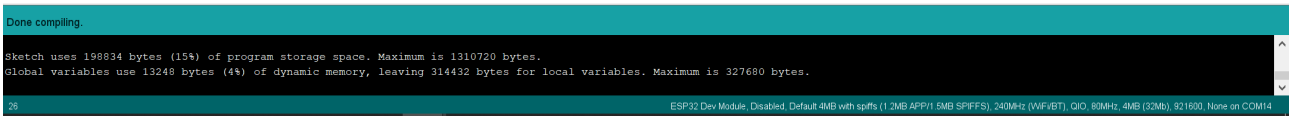
Blink

```
/*
  Blink

  Turns an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

  Most Arduinos have an on-board LED you can control. On the UNO, MEGA and ZERO
  it is attached to digital pin 13, on MKR1000 on pin 6. LED_BUILTIN is set to
  the correct LED pin independent of which board is used.
  If you want to know what pin the on-board LED is connected to on your Arduino
  model, check the Technical Specs of your board at:
  https://www.arduino.cc/en/Main/Products

  modified 8 May 2014
  by Scott Fitzgerald
  modified 2 Sep 2016
  by Arturo Guadalupi
  modified 8 Sep 2016
  by Colby Newman

  This example code is in the public domain.

  http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink
*/

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin 2 as an output.
  pinMode(2, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(2, HIGH);   // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);                       // wait for a second
  digitalWrite(2, LOW);    // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);                       // wait for a second
}
```

Para verificar se o código está correto deve-se clicar no ícone "Verify".

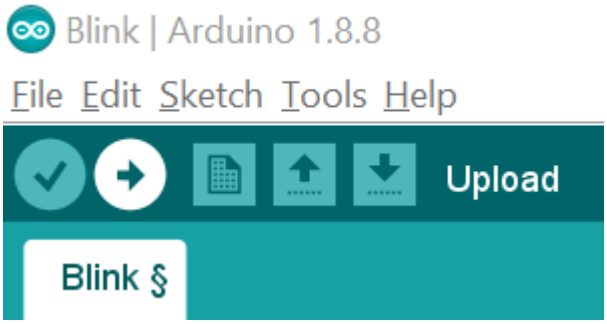


Após a compilação é exibida uma mensagem de status da operação, e caso esteja tudo certo será exibida a quantidade de bytes gerados pelo programa:



Para gravar o código na memória flash do micro-controlador é necessário clicar no ícone “Upload”.

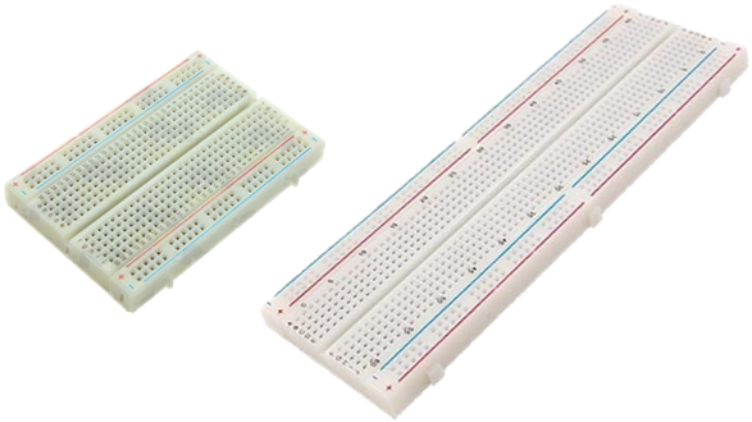
O código será transferido para a placa e após algum tempo o LED ligado ao pino 2 começará a piscar em intervalos de 1 segundo.

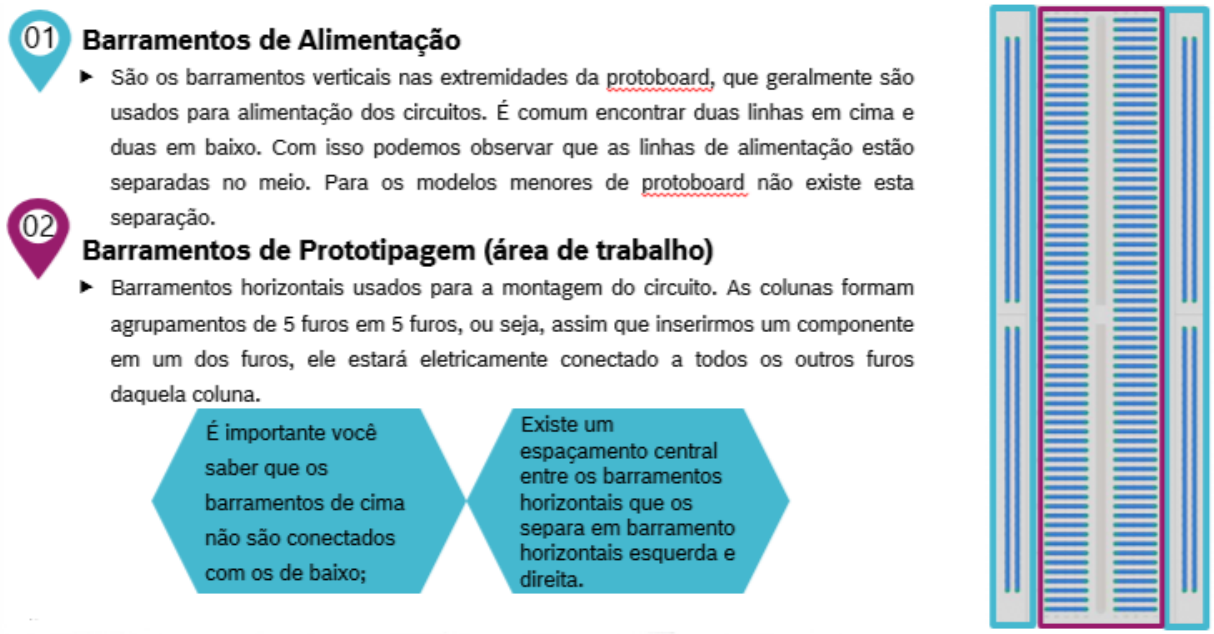


4 Protoboard

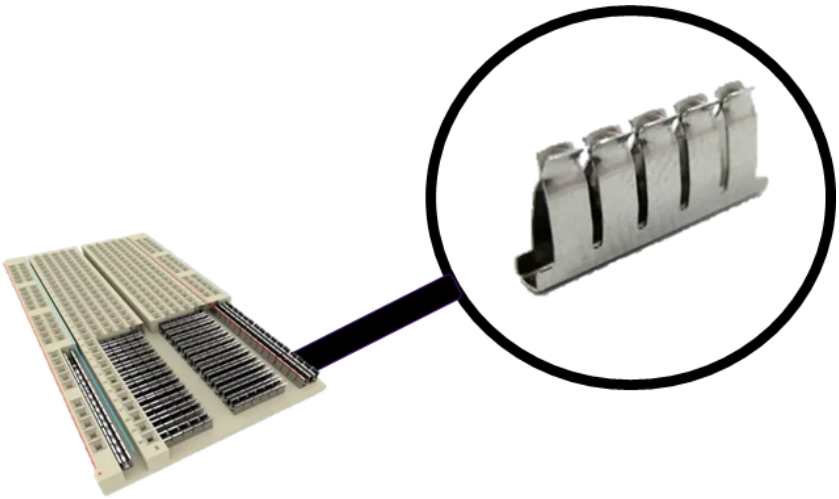
Protoboard = Matriz de contato = Breadboard = Placa de ensaio

Com ela é possível montar circuitos sem a necessidade de soldar qualquer componente. Então se você não tem certeza de como um determinado circuito irá se comportar durante seu funcionamento, a protoboard é o lugar mais recomendado para montar este circuito e efetuar todos os testes necessários. Uma utilização muito comum é interligar dispositivos com o Arduino.





Por dentro do protoboard existe uma matriz de contatos. Vários barramentos metálicos em paralelo tal como podemos ver nessa imagem em que cada linha desenhada representa um barramento.

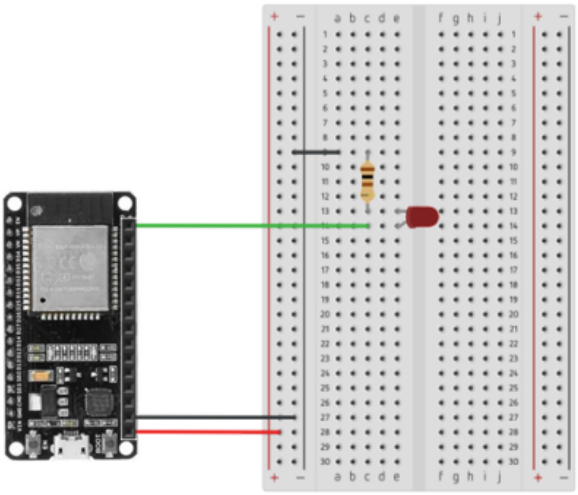


5 Iniciando a programação

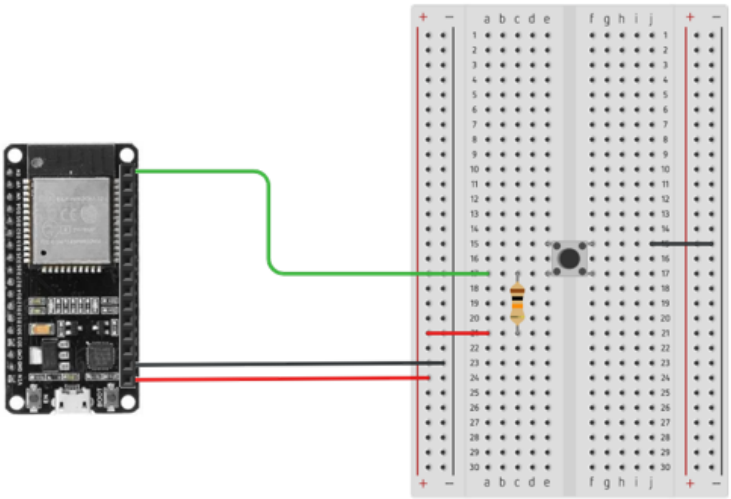
Vamos entender com mais detalhes alguns pontos importantes para nossas aplicações e programas:

5.1 Tipos de Sinais (Entrada x Saída)

Saída (OUTPUT): São os sinais emitidos pela ESP 32, que resultam em alguma execução externa, como o sinal emitido para acender um led.



Entrada (INPUT): São os sinais emitidos pelo meio externo e que são captados pela ESP 32. Por exemplo, o sinal emitido quando você aciona um botão.



5.2 Void setup( )

A função void setup( ) é chamada no início da programação. Usamos ela para inicializar variáveis, e configurar o modo dos pinos (INPUT ou OUTPUT).

5.3 Void loop( )

Depois do void setup, a programação entra no void loop(), na qual, realiza exatamente que seu nome sugere, repete o que estiver dentro dele até que a placa seja desligada.

5.4 pinMode( )

- Configura o pino para que ele funcione como o especificado, se for uma entrada u uma saída.
- Ele também pode ativar os resistores internos de pull-up com o modo INPUT_PULLUP.
- Sintaxe: pinMode(pino, modo)
- Pino – é o numero do pino em que se quer configurar.
- Modo – INPUT, OUTPUT OU INPUT_PULLUP.

5.5 digitalWrite( )

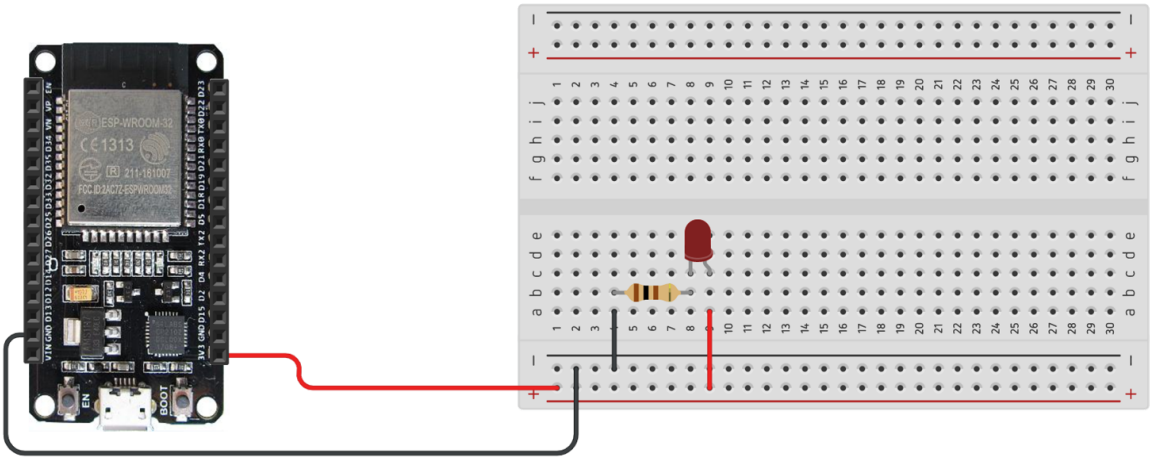
- Aciona um valor HIGH ou LOW em um pino.
- Se o pino for configurado como saída (OUTPUT) com a função pinMode(), sua tensão será acionada para o valor correspondente: 5V (ou 3.3V em placas alimentadas com 3.3V como o DUE) para o valor HIGH, 0V (ou ground) para LOW.
- Se o pino for configurado como entrada (INPUT), a função digitalWrite() irá ativar (HIGH) ou desativar (LOW) o resistor interno de pull-up no pino de entrada. É recomendado configurar pinMode() com INPUT_PULLUP para ativar o resistor interno de pull-up. Veja o tutorial sobre pinos digitais para mais informações.
- Se você não configurar o pino com pinMode() e OUTPUT, e conectar um LED ao pino, quando chamar digitalWrite(HIGH), o LED pode aparecer um pouco apagado.
- Sintaxe: digitalWrite(pino, valor)
- Valor - HIGH ou LOW

digitalWrite

```
void setup() {
    pinMode(13,OUTPUT);
}

void loop() {
    digitalWrite(13,HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(13,LOW);
    delay(1000);
}
```

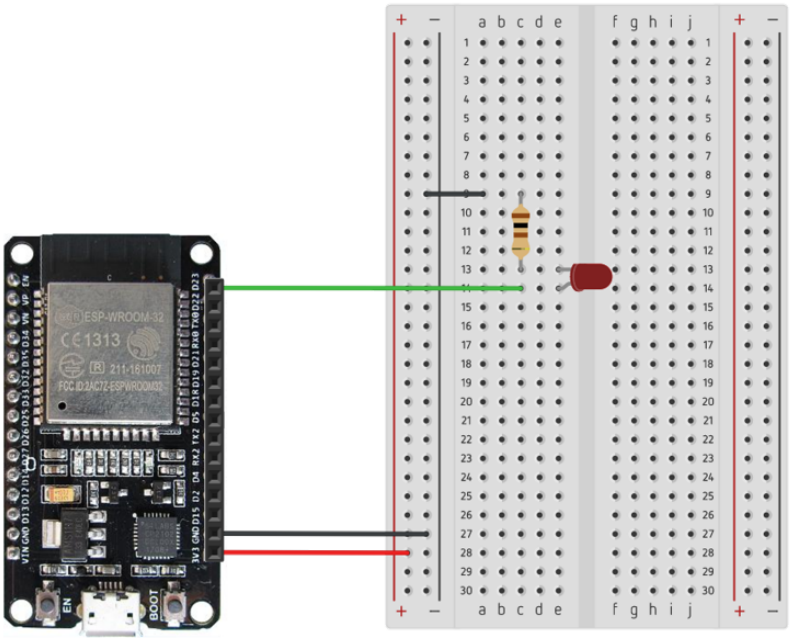
5.6 Ligando um LED

Existe mais de uma maneira de se montar, neste caso ligaremos o led direto no 3,3 V e no GND com o resistor limitando a corrente. Neste caso o led se manterá acesso sem mudanças até que a ESP não esteja energizada.



Exercício 1: Piscar

- Tarefa: Piscar um LED em uma frequência de 2 Hz.
- Tempo estimado: 10 minutos.
- Dica: use HIGH para acender o LED, e LOW para apagá-lo.
- Ex.: digitalWrite(led, HIGH);



Exercício 2: Piscar 3 leds

- Tarefa: Piscar led vermelho, amarelo e verde nesta sequência um de cada vez. Ao piscar o led verde, iniciar novamente a sequência.
- Tempo estimado: 15 minutos.
- Dica: utilize For, e outra função (void x ();) para praticar mais de uma forma de programação.