Dispositivos Conectados
ESP32 e a *toolchain* ESP-IDF

2025/2026

Authors: Paulo C. Bartolomeu

1 Objetivos

- Familiarização com a placa ESP32
- Instalação e familiarização com a *framework* ESP-IDF
- Criação e execução de um projeto "Hello World"

2 Kits de desenvolvimento ESP32

As aulas práticas da UC de Dispositivos Conetados suportam-se na utilização de um módulo ESP32-C6-DevKitC-1 da Espressif Systems para o desenvolvimento de soluções IoT (Internet das Coisas). Este módulo de elevado desempenho possui recursos avançados de conectividade (Wi-Fi, Bluetooth LE, Zigbee e Thread), proporcionando uma plataforma robusta para criar uma ampla gama de aplicações. O módulo ESP32-C6-DevKitC-1 é fornecido num kit base IoT constituído pelos componentes apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Kit Base.

Componente	Descrição
ESP32-C6-DevKitC-1	Placa de desenvolvimento
Placa branca	Placa para montagem de circuitos
DHT20	Sensor de temperatura e humidade
Cabo USB	Cabo USB-A para USB-C (1m)

Para dar suporte às aulas onde se irá trabalhar a interação com o utilizador, a meio do semestre será fornecido um kit adicional constituído pelos componentes da Tabela 2:

Tabela 2: Kit Extra.

Componente	Descrição
Display	TFT RGB 0.96" com leitor de cartões SD integrado
SD Card	Cartão SD de 16GB

2.1 ESP32-C6-DevKitC-1

O ESP32-C6-DevKitC-1 é baseada no módulo ESP32-C6-WROOM-1(U), um módulo de uso geral com 8 MB de flash SPI. A maior parte dos pinos de I/O são disponibilizados em *headers* na parte inferior da placa, facilitando a conexão de periféricos. O desenvolvimento com esta placa pode ser realizado conectando periféricos através de fios *jumper* ou montando o ESP32-C6-DevKitC-1 numa placa branca e ligando aí os periféricos. A vista isomética da placa está representada na Figura 1.

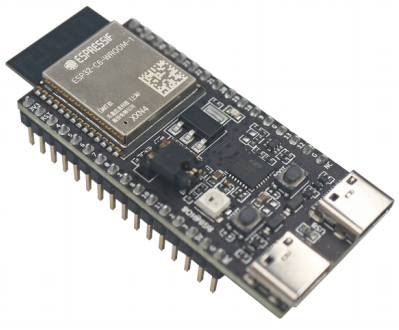

Figura 1: ESP32-C6-DevKitC-1: Vista Isométrica

O ESP32-C6-DevKitC-1 integra funções completas de Wi-Fi 6 na banda de 2,4 GHz, Bluetooth 5 e IEEE 802.15.4 (Zigbee 3.0 e Thread 1.3).

Todos os pinos *General Purpose Input/Output* (GPIO) disponíveis (exceto o barramento SPI para a *flash*) são disponibilizados nos *headers* da placa. A placa também possui um regulador de tensão *low-dropout* (LDO) de 5 V para 3,3 V, um LED de *power ON* e um conversor USB<->UART que suporta taxas de transferência até 3 Mbps.

O ESP32-C6-DevKitC-1 possui uma porta USB Type-C compatível com USB 2.0, capaz de transferências até 12 Mbps. Essa porta é usada para alimentação da placa, gravação de *firmware* e comunicação com o módulo usando protocolos USB, bem como para depuração *Joint Test Action Group* (JTAG).

A placa também possui um botão de *download* (*Boot*) e um botão de reinicialização (*Reset*), além de um LED RGB endereçável acionado pelo GPIO8. Há ainda um conector J5 usado para medição de corrente. A Figura 2 representaidentifica estes elementos na placa.

Os *headers* do ESP32-C6-DevKitC-1 permitem acesso a sinais digitais, interfaces de comunicação série tais como UART, I2C e SPI, além de pinos analógicos para leitura de sensores. São também disponibilizados pinos dedicados a funções especiais, tais como *Pulse Width Modulation* (PWM) para controlo de motores e servos, além de entradas e saídas de propósito geral (GPIO) que podem ser programadas conforme as necessidades.

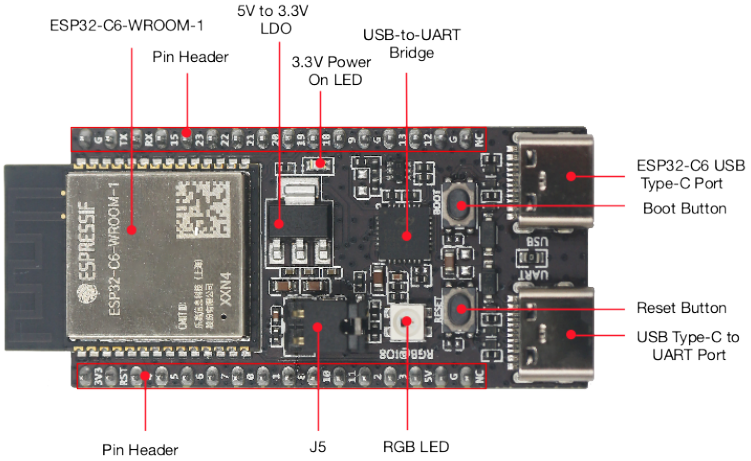

Figura 2: Elementos fundamentais do ESP32-C6-DevKitC-1

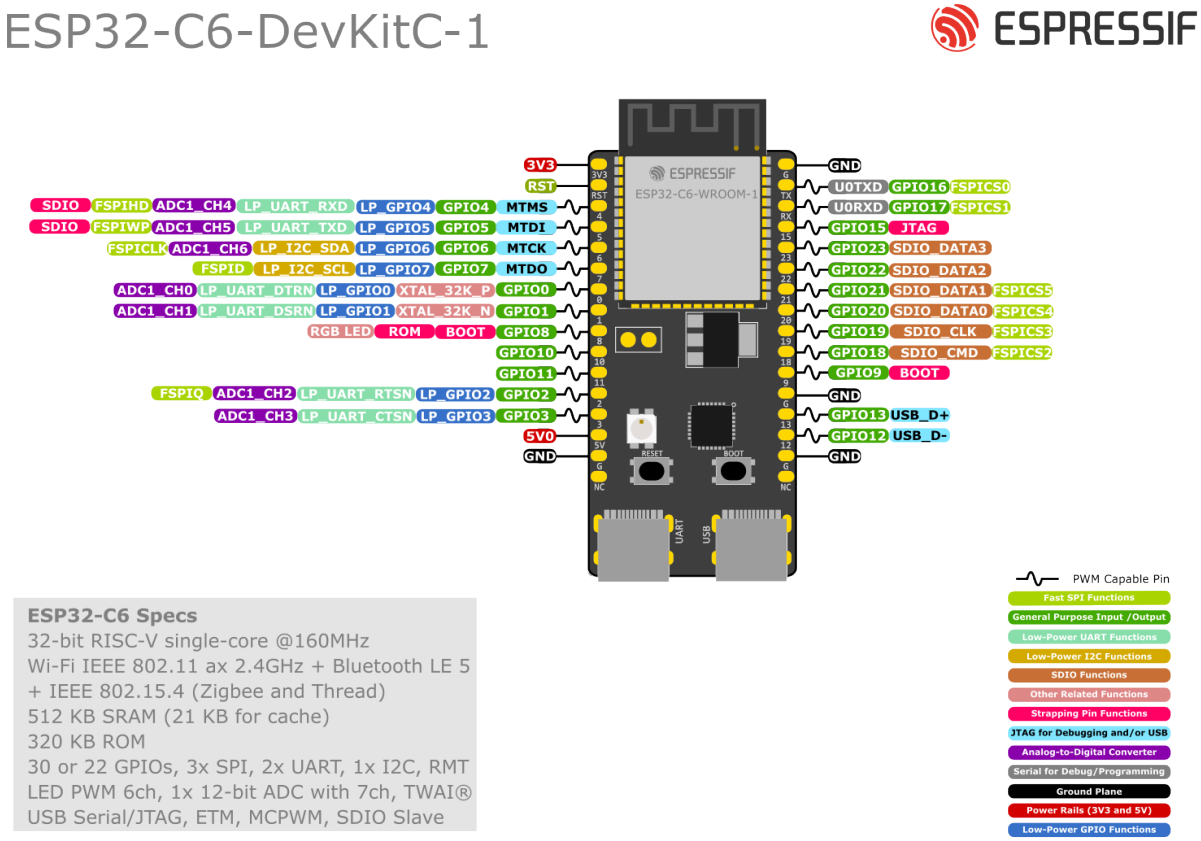

Figura 3: Especificação dos pinos do ESP32-C6-DevKitC-1

J1

No.	Name	Type [1]	Function
1	3V3	P	3.3 V power supply
2	RST	I	High: enables the chip; Low: disables the chip.
3	4	I/O/T	MTMS [3], GPIO4, LP_GPIO4, LP_UART_RXD, ADC1_CH4, FSPIHD
4	5	I/O/T	MTDI [3], GPIO5, LP_GPIO5, LP_UART_TXD, ADC1_CH5, FSPIWP
5	6	I/O/T	MTCK, GPIO6, LP_GPIO6, LP_I2C_SDA, ADC1_CH6, FSPICLK
6	7	I/O/T	MTDO, GPIO7, LP_GPIO7, LP_I2C_SCL, FSPID
7	0	I/O/T	GPIO0, XTAL_32K_P, LP_GPIO0, LP_UART_DTRN, ADC1_CH0
8	1	I/O/T	GPIO1, XTAL_32K_N, LP_GPIO1, LP_UART_DSRN, ADC1_CH1
9	8	I/O/T	GPIO8 [2] [3]
10	10	I/O/T	GPIO10
11	11	I/O/T	GPIO11
12	2	I/O/T	GPIO2, LP_GPIO2, LP_UART_RTSN, ADC1_CH2, FSPIQ
13	3	I/O/T	GPIO3, LP_GPIO3, LP_UART_CTSN, ADC1_CH3
14	5V	P	5 V power supply
15	G	G	Ground
16	NC	–	No connection

J3

No.	Name	Type	Function
1	G	G	Ground
2	TX	I/O/T	U0TXD, GPIO16, FSPICS0
3	RX	I/O/T	U0RXD, GPIO17, FSPICS1
4	15	I/O/T	GPIO15 [3]
5	23	I/O/T	GPIO23, SDIO_DATA3
6	22	I/O/T	GPIO22, SDIO_DATA2
7	21	I/O/T	GPIO21, SDIO_DATA1, FSPICS5
8	20	I/O/T	GPIO20, SDIO_DATA0, FSPICS4
9	19	I/O/T	GPIO19, SDIO_CLK, FSPICS3
10	18	I/O/T	GPIO18, SDIO_CMD, FSPICS2
11	9	I/O/T	GPIO9 [3]
12	G	G	Ground
13	13	I/O/T	GPIO13, USB_D+
14	12	I/O/T	GPIO12, USB_D-
15	G	G	Ground
16	NC	–	No connection

3 Plataforma ESP-IDF

A plataforma ESP-IDF (*Espressif IoT Development Framework*) é uma opção popular para o desenvolvimento de soluções IoT baseadas no módulo ESP32-C6-DevKitC-1, fornecendo um ambiente de desenvolvimento robusto, abrangente, e alinhado com as capacidades do módulo.

O ESP-IDF é projetado especificamente para tirar proveito dos recursos do ESP32-C6, oferecendo um conjunto abrangente de *drivers*, bibliotecas e exemplos. A sua integração permite o foco do desenvolvimento no *core* das aplicações IoT, evitando as complexidades de baixo nível relacionadas com a configuração e controlo dos periféricos.

Adicionalmente, esta plataforma é *open-source* e bem documentada, contando com uma comunidade ativa de utilizadores e *developers*, o que facilita a descoberta de soluções, a resolução de problemas e a adoção de práticas comprovadas durante o ciclo de desenvolvimento.

Outra vantagem significativa do ESP-IDF é o seu suporte nativo a recursos avançados de conectividade, tais como Wi-Fi 6, Bluetooth 5 e protocolos de rede de baixa potência, como Zigbee e Thread. Essa abordagem integrada simplifica enormemente a implementação de aplicações IoT que exigem acesso a múltiplas tecnologias de comunicação.

3.1 Instalação e configuração da plataforma ESP-IDF

O primeiro passo para iniciar a jornada com o módulo ESP32-C6-DevKitC-1 é a instalação do ESP-IDF que irá permitir editar o *firmware* da aplicação IoT, compilar o código fonte, programá-lo no módulo e realizar a respetiva depuração e teste.

Para o efeito, deve seguir rigorosamente as indicações disponibilizadas na página Get Started para o módulo ESP32-C6 da Expressif onde encontra um guia passo-a-passo de como instalar a plataforma.

> **NOTA 1:** Assegure-se que instala os pré-requisitos devidamente.

A forma recomendada de instalação nesta disciplina é através da Extensão para o VSCode e sugere-se o uso da versão ESP-IDF 5.5.1.

No Visual Studio Code previamente instalado deverá clicar no ícon de Extensões da Barra de

Actividade (ou através do comando View -> Show Extensions - Ctrl+Shift+X), procurar a extensão "ESP-IDF" e prosseguir com a respetiva instalação. As Figuras 4, 5 e 6 resumem o processo a adoptar.

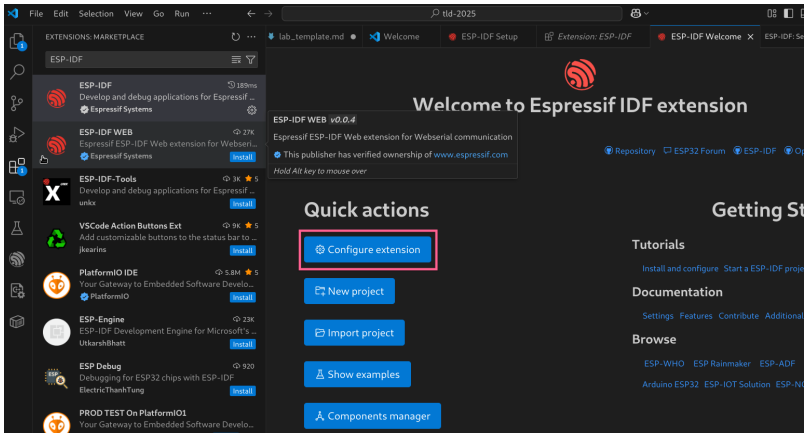

Figura 4: Configuração do ESP-IDF

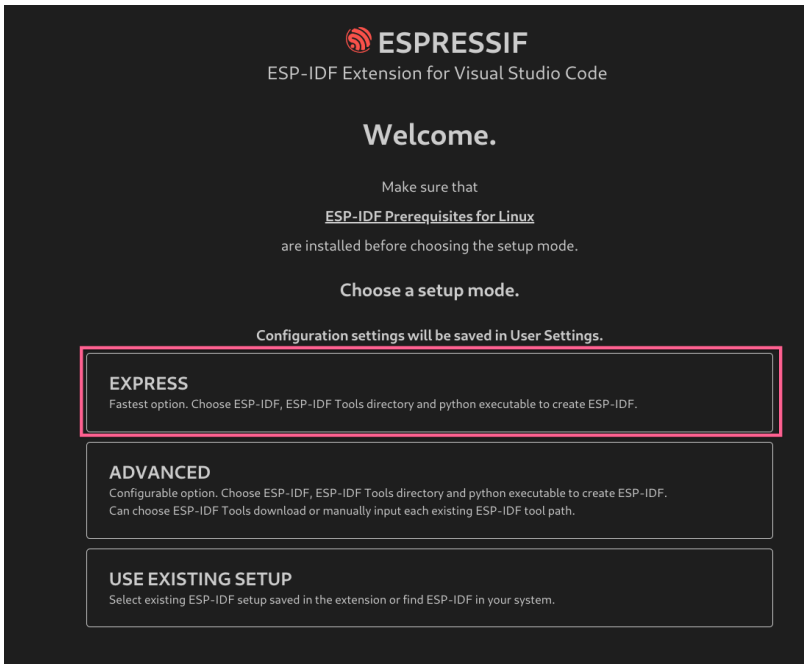

Figura 5: Configuração *Express*

Por fim, a secção do "Using the ESP-IDF Extension for VS Code" disponibiliza um pequeno tutorial sobre como usar a extensão, concretamente como interpretar os ícones da barra do fundo da janela do VS Code que são disponibilizados.

4 Aplicação "Hello World"

Depois de ter concluído a instalação do ambiente de desenvolvimento o próximo passo é a criação de uma aplicação básica para testar todo o ecossistema.

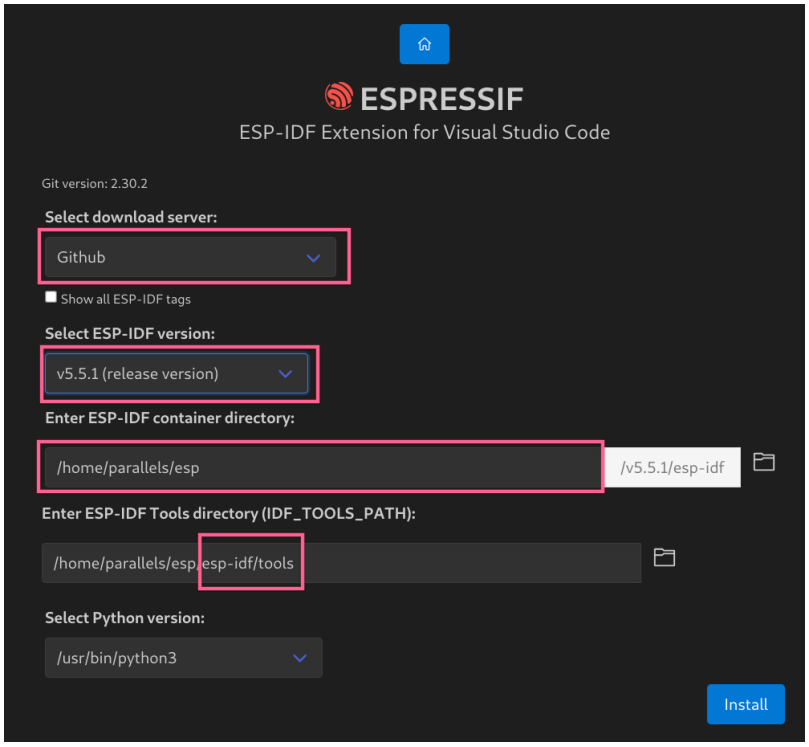

Figura 6: Parâmetros de configuração

Para o efeito, no menu de criação novos projetos, crie um projeto com base no exemplo "Hello World". As Figuras 7 e 8 ilustram o processo.

> **NOTA 2:** Caso não seleccione devidamente o *target* ESP32-C6 os binários gerados não serão compatíveis com a placa.

Após ter criado o projeto, compile-o, descarregue-o para a placa e teste-o, tentando interpretar o código e o respetivo funcionamento.

5 Acknowledgements

Originally authored by Paulo C. Bartolomeu

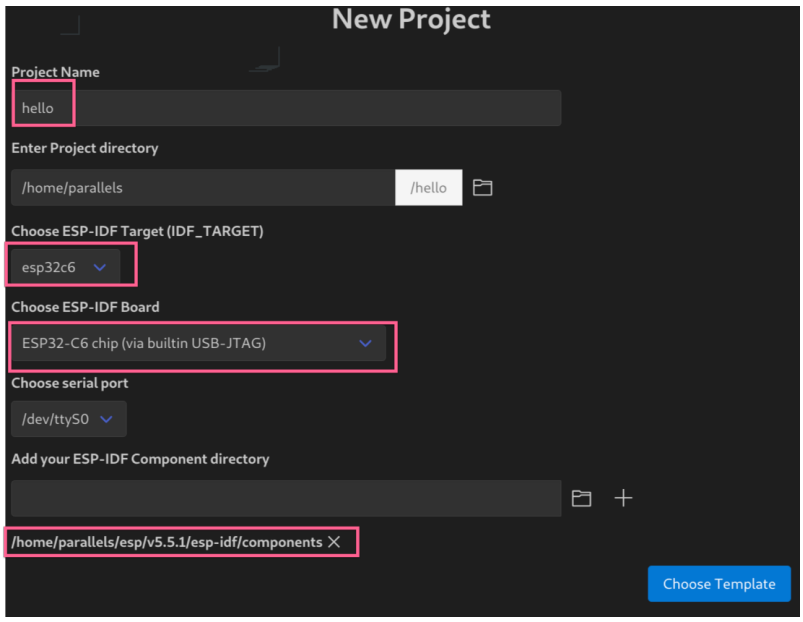

Figura 7: Configuração base da aplicação

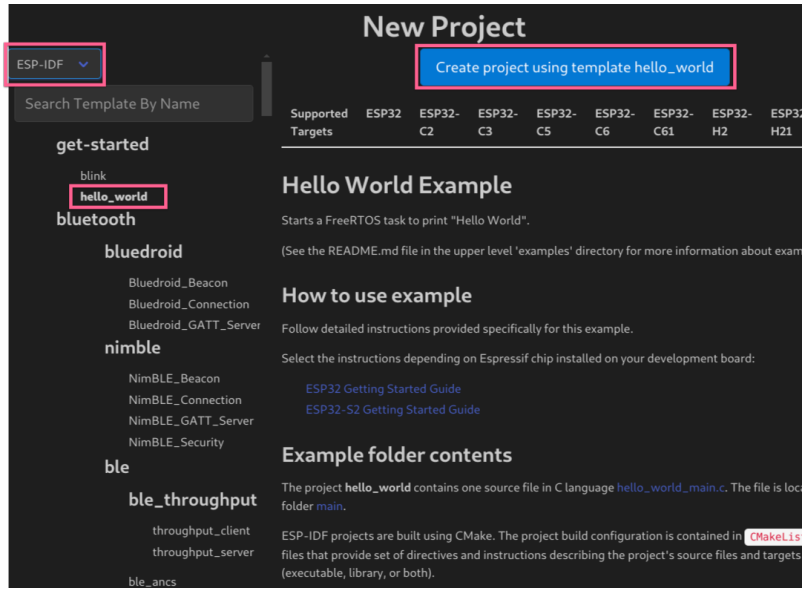

Figura 8: Criação da aplicação a partir do template “Hello World”