

O Guia Profissional

# ESP32 com IDF

**José V. S. Morais**



# **ESP32 com IDF**

## **O Guia Profissional**

José V. S. Morais

São Paulo - 2023



Instituto NCB

[www.newtoncbraga.com.br](http://www.newtoncbraga.com.br)

leitor@newtoncbraga.com.br

Diretor responsável: Newton C. Braga

Coordenação: Renato Paiotti

Revisão: Marcelo Braga

Impressão: Agbook

# **ESP32 com IDF - O Guia Profissional**

**Autor:** José V. S. Morais

São Paulo - Brasil - 2023

**Palavras-chave:** Microcontrolador, ESP32, ESP-IDF, software, hardware, IoT, indústria 4.0

ISBN: 978-85-9568-073-9

Copyright by

INSTITUTO NEWTON C BRAGA.

1ª edição

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfílmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos, atualmente existentes ou que venham a ser inventados. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial em qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernético atualmente em uso ou que venha a ser desenvolvido ou implantado no futuro. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do Código Penal, cf. Lei nº 6.895, de 17/12/80) com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenização diversas (artigos 122, 123, 124, 126 da Lei nº 5.988, de 14/12/73, Lei dos Direitos Autorais).



# Agradecimentos

Gostaria de agradecer todo o time do Embarcados e INCB pelo apoio e suporte para tornar esse livro real ao público e sempre estarem solícitos em me ajudar e ajudar toda a comunidade de inúmeras formas.

Também gostaria de agradecer ao Alan Carvalho de Assis e Pedro Minatel pelo suporte em eventuais melhorias, revisões técnicas e pré-fácio.

Para finalizar, não posso esquecer de mencionar todo o apoio, ajuda e carinho das pessoas próximas do meu dia a dia durante a escrita deste livro.

O Autor



# Prefácio

Criar conteúdo parece ser fácil, mas não é. Achar a forma de atingir o público alvo não é trivial e demanda evolução e muito estudo para aperfeiçoar as técnicas de comunicação, além de todo o conhecimento técnico do assunto. Em uma área que a mudança vem de forma muito rápida, o estudo na área da tecnologia deve ser constante.

No final de 2014, o mundo conheceu um microcontrolador (MCU) de baixo custo e capaz de se comunicar por WiFi, o ESP8266. Antes dele, adicionar capacidade de comunicação WiFi era difícil, as opções no mercado eram caras e a maioria ainda precisava de um controlador externo.

A revolução que o ESP8266 causou no mercado até hoje persiste, desde de os “makers”, startups e até

grandes empresas. E da revolução veio a evolução com a introdução de novos MCUs.

Assim veio o ESP32 em meados de 2016, com a proposta de ser uma opção mais poderosa do que o ESP8266. O ESP32 trouxe ainda mais capacidade de processamento com o seu duplo núcleo, mais periféricos, funcionalidades e de quebra o Bluetooth.

Outra evolução trazida pelo ESP32 foi a plataforma de desenvolvimento de software, agora muito mais alinhada às tendências do mercado, como a adoção do FreeRTOS como base de sistema operacional de tempo real e com sua grande base de código aberto.

O ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) trouxe, e ainda traz, muita inovação para a plataforma ESP32, facilitando muito o desenvolvimento de aplicações complexas.

Desde então, o ESP32 se tornou um dos mais queridos MCUs entre os desenvolvedores de produtos, principalmente Internet das Coisas.

Este livro traz de uma forma muito didática o passo-a-passo de como desenvolver projetos com o ESP32 e o ESP-IDF, com a utilização de técnicas de desenvolvimento profissional e o uso correto das ferramentas.

O mais importante é que o livro foi escrito com a perspectiva de um desenvolvedor com experiência no desenvolvimento de produtos com o ESP32, que já ultrapassou as dificuldades que um desenvolvedor iniciante ainda passa. A forma com que este livro é escrito é diferente da forma que a documentação é feita, já que neste livro é feita uma interpretação para a aplicação em projetos reais e algumas informações são resultados de experiências anteriores, algo que não se aplica na documentação do ESP32.

Alguns dos temas mais importantes no desenvolvimento seguro de um projeto estão neste livro, principalmente em como construir um produto robusto e confiável.

Como na aviação, um acidente é utilizado para o estudo da evolução da segurança de voo e assim evitar acidentes similares. O mesmo se aplica para o desenvolvimento de qualquer projeto, onde se aprende com os erros, os corrigem e os evitam em novos projetos.

Atualmente, livros como este trazem um material denso e consolidado para quem procura aprender e aperfeiçoar as técnicas de desenvolvimento de forma muito mais didática. Utilize este livro como um guia, feito por alguém que já passou pelas dificuldades, apli-

que as técnicas ensinadas, se inspire e evolua no desenvolvimento de produtos com o ESP32. A busca pelo conhecimento não acaba neste livro, mas serve de ponte para algo ainda muito maior.

Happy Hacking!

Pedro Minatel.

Developer Advocate.

Espressif Systems.

# Índice

Introdução.....	17
Conhecendo o ESP32.....	21
Hardware.....	22
Linguagens de programação e IDE's.....	22
Conhecendo a ESP-IDF.....	23
O que é e para que serve o “menuconfig” .....	25
Principais arquivos de um projeto.....	27
Principais comandos da IDF.....	28
Programando em C++.....	29
Processo de boot (inicialização).....	32
Criando um produto robusto, confiável e escalável.....	35
Conheça bem sua ferramenta de trabalho (ESP32).....	35
Domine o FreeRTOS.....	37
Programação orientada a objetos.....	39
Use o poder do Git e Git flow.....	40
Pratique e exercite suas <i>skills</i> de programação.....	41
Sistema operacional FreeRTOS.....	43
Entendendo sua importância.....	43
Funcionamento geral.....	44
Scheduler.....	45
Semáforos.....	47
Filas (Queues).....	51
Grupo de eventos.....	55
Software Timer.....	58

Principais periféricos.....	63
GPIO.....	63
Strapping Pins.....	66
Memória flash interna.....	67
Input-only.....	67
GPIO Hold.....	68
PWM.....	68
ADC.....	71
DAC.....	76
Touch capacitivo.....	78
Pulse Counter (PCNT).....	83
Remote Control (RMT).....	86
UART.....	87
RTC interno.....	89
Suporte a comunicação entre dispositivos.....	93
WiFi.....	93
WiFi Station.....	95
WiFi AP.....	98
Ethernet.....	100
Bluetooth.....	102
UDP.....	103
TCP.....	104
MQTT.....	106
Topologia.....	106
QoS (Quality of Service).....	107
LWT (Last Will and Testament).....	109
Obtendo data via internet (NTP/SNTP).....	110

Páginas Web.....	111
Aumentando a confiabilidade de seu produto.....	113
Watchdogs.....	113
Brownout Detector (BOD).....	120
Economia de energia (Low Power).....	125
Funcionamento total.....	126
Modem Sleep.....	127
Light Sleep.....	128
Deep Sleep.....	131
ULP.....	134
Memória flash e partições.....	137
Partições.....	137
Non-volatile Storage (NVS).....	141
Embarcando arquivos na flash.....	147
Protegendo seu software contra invasores.....	149
Criptografia da flash.....	150
Secure Boot.....	152
Atualização remota (OTA).....	155
Funcionamento.....	155
Praticando.....	159
Erros durante o download.....	159
Erros após o download.....	160
Rollback automático.....	161
Atualizações seguras (assinadas).....	164
Depurando (debug).....	165
ESP_LOG() e sua versatilidade.....	166

Memória RAM livre.....	169
Uptime.....	170
Motivos do último reinício.....	171
Informações de versão do software.....	174
Core Dump.....	176
Run Time Statistics (FreeRTOS).....	177
Task List (FreeRTOS).....	180
JTAG.....	183
Referências Bibliográficas.....	185

# Introdução

Os microcontroladores se tornaram uma parte essencial para nossas vidas há algumas dezenas de anos, pois com um pequeno chip que cabe na ponta de um dedo, conseguimos criar sistemas complexos para controle, automação e monitoramento em praticamente qualquer ambiente. Desde um forno micro-ondas, até sistemas complexos e críticos, como equipamentos médicos, aeroespaciais, etc.

A alta demanda de produtos IoT no mercado, ocasionado pela indústria 4.0, causou uma grande procura de microcontroladores com conectividade e um dos maiores candidatos quando se fala do assunto são os microcontroladores da Espressif, onde conseguem entregar um custo benefício incrível.

Este livro abordará especificamente a família de microcontroladores ESP32 dentro do ambiente da ESP-IDF, que se demonstram robustos, competentes e confiáveis para grande parte das aplicações no mercado. Focaremos no SoC (System on a Chip) ESP32 mais comumente utilizado, sua primeira versão de módulo ESP32-WROOM dual-core, onde revi-