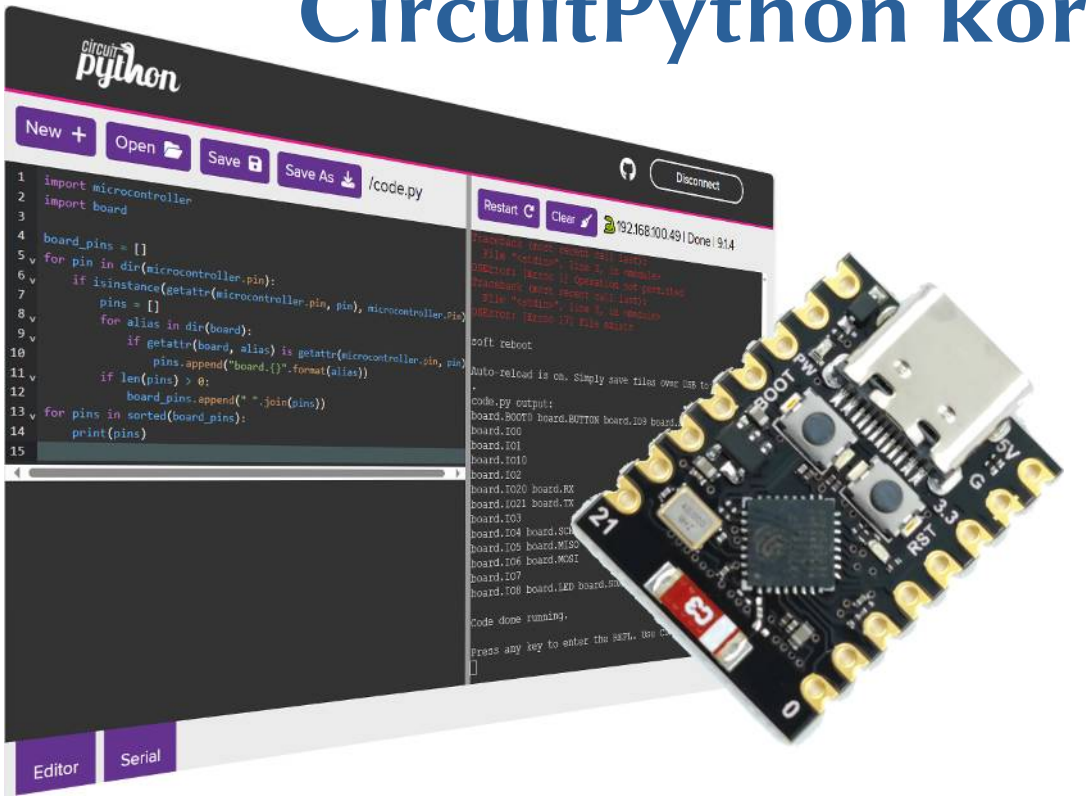
ESP32-C3 mikrovezérlők programozása CircuitPython környezetben



1. CircuitPython és az ESP32-C3 – a kezdő lépések

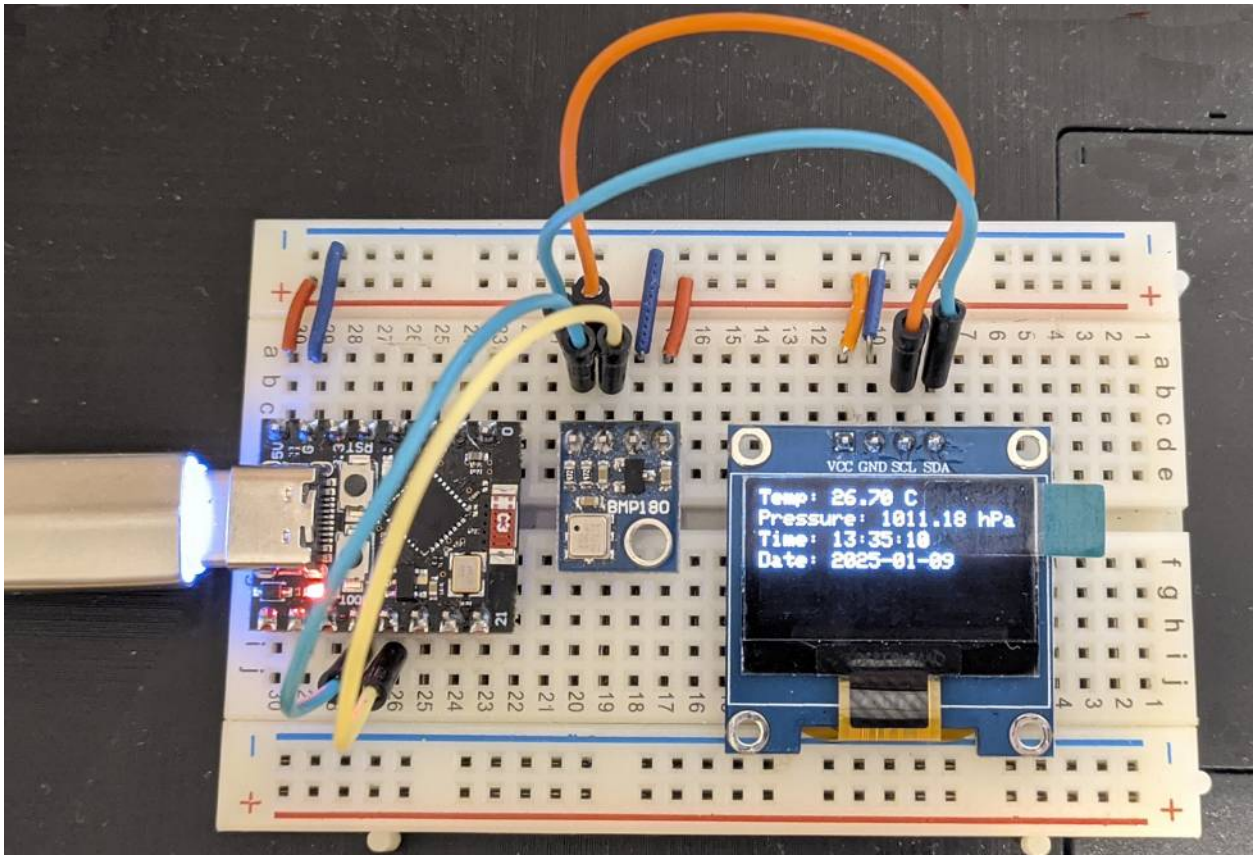
Felhasznált és ajánlott irodalom

- **Python:**
  - Mark Pilgrim/Kelemen Gábor: Ugorj fejest a Python 3-ba!
- **CircuitPython:**
  - Adafruit: https://circuitpython.org/downloads
  - Learn Adafruit: Welcome to CircuitPython
  - Learn Adafruit: CircuitPython Essentials
  - Adafruit: Adafruit CircuitPython API Reference
  - Adafruit: github.com/adafruit/Adafruit CircuitPython Bundle

- **Online eszközök és támogatás:**
  - Learn Adafruit: CircuitPython on ESP32 Quick Start
  - Adafruit: Adafruit Web Serial ESPTool
  - Adafruit: CircuitPython Code Editor

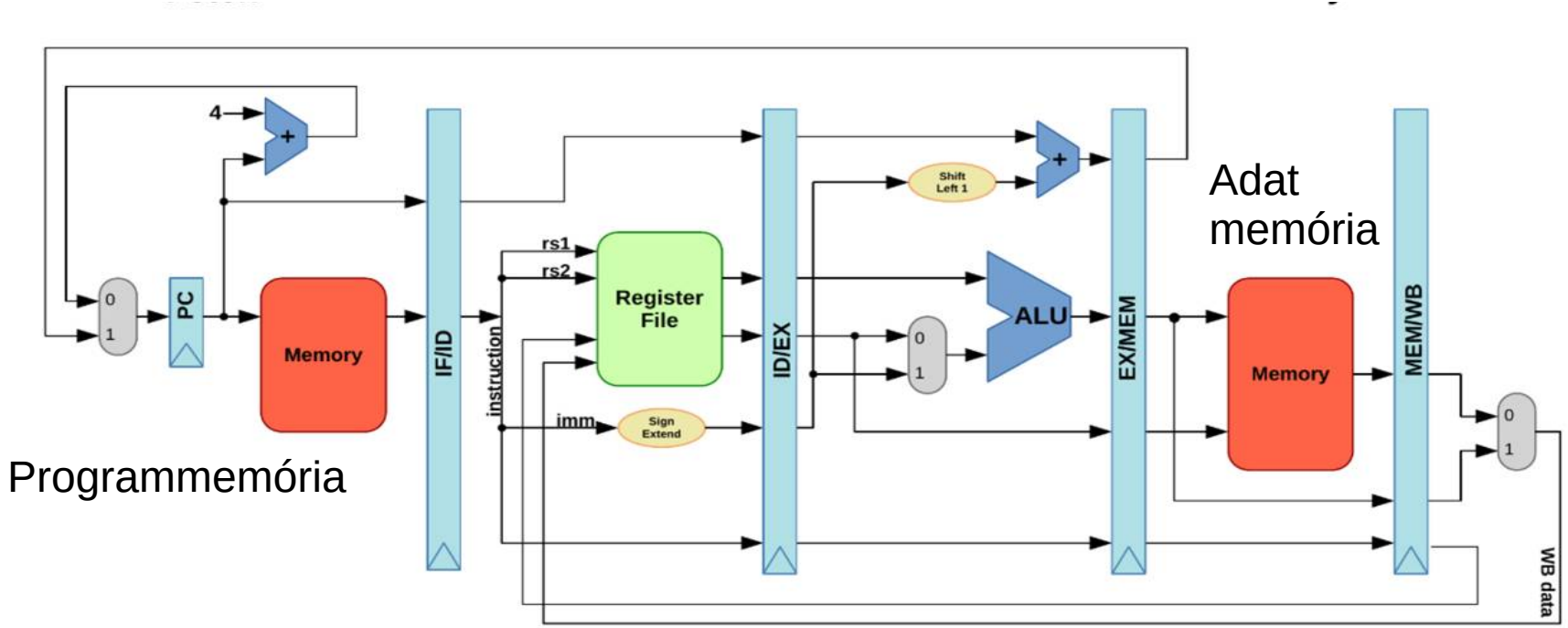
Miért ezekre esett a választás?

- Az **ESP32-C3** egy olcsó, de nagytudású mikrovezérlő (sok memóriával, WiFi és Bluetooth képességekkel)
- A **CircuitPython** pedig egy magasszintű, könnyen elsajátítható programnyelv, fejlett támogatással, sokféle célra és eszközhöz



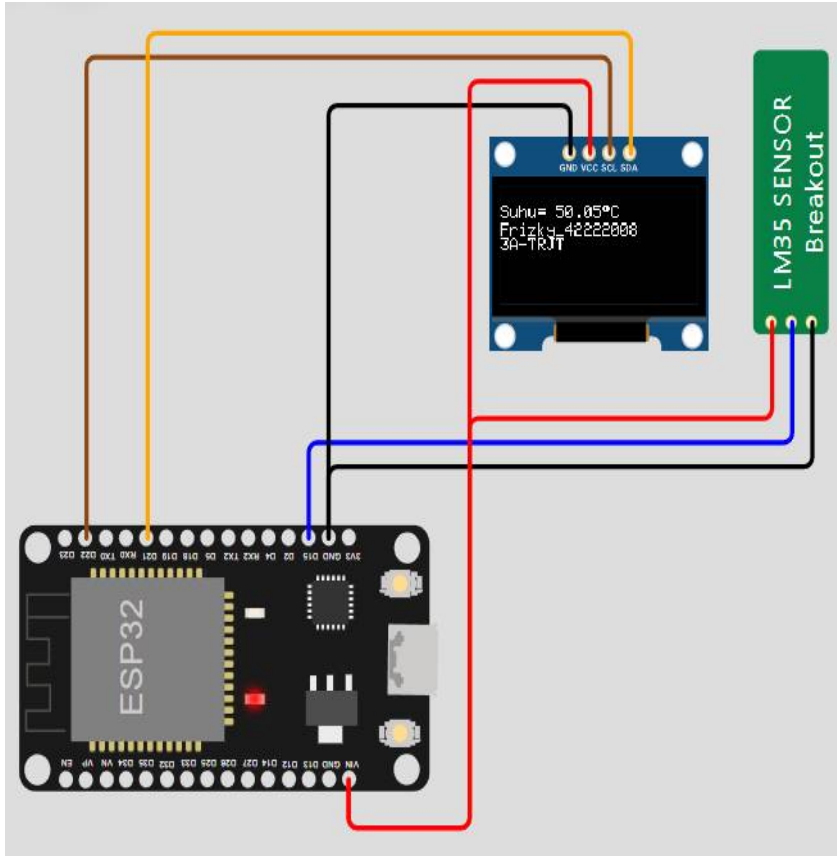
A programozható eszközök működése

- A CPU (Central Processing Unit) főbb részei a PC programszámláló, a programmemória, az utasításdekóder, az aritmetikai logikai egység (ALU), a regiszterkészlet, az adatmemória



Fizikai programozás

- A fizikai programozás (vagy fizikai számítástechnika) olyan interaktív rendszerek létrehozását jelenti hardverek és szoftverek segítségével, melyek képesek érzékelni a világban létrejövő jeleket és reagálni is tudnak rá
- A mi esetünkben ez saját készítésű csináld-magad projektek vagy alkotások megnevezésére szolgál, melyek mikrovezérlők (vezérlési feladatokra optimalizált extra kicsi számítógépek) be- és kimeneteire kötött különféle digitális és analóg érzékelők segítségével vezérelnek elektromechanikus eszközöket (jelfogó, motorok), világító vagy egyéb eszközöket, kijelzőket, de akár szoftvereket is

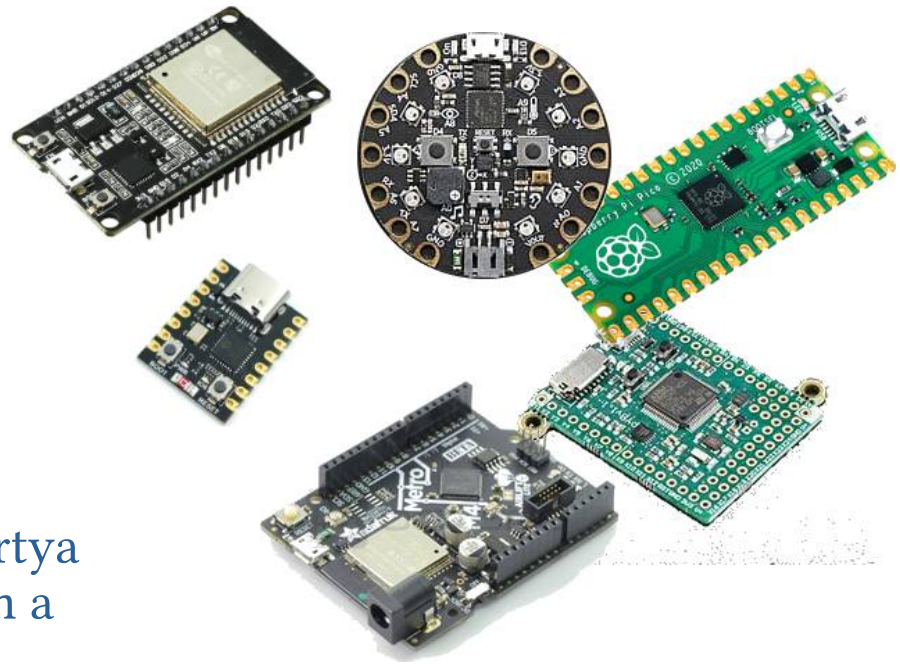


Mi az a CircuitPython?

- **CircuitPython:** programozási nyelv, arra tervezve, hogy segítse a tanulás és a kísérletezés folyamatát a mikrovezérlő kártyákkal
- Nem szükséges bonyolult keresztfordító rendszereket telepíteni a számítógépünkre. Amint csatlakoztattuk a kártyánkat, csak egy szövegszerkesztőre van szükség. Ilyen egyszerű…
- A **CircuitPython** a **Python** nyelven alapul. A korlátozott hardver erőforrások nyilvánvalóan korlátozott lehetőségeket biztosítanak, ugyanakkor a **CircuitPython** többletet is nyújt: hardvertámogatást a mikrovezérlő kártya perifériáinak elérésére és kezelésére, mellyel ún. *„fizikai programozást”* valósíthatunk meg.
- **Fizikai programozás:** olyan interaktív rendszerek létrehozását jelenti hardverek és szoftverek segítségével, melyek képesek érzékelni a világban létrejövő jeleket és reagálni is tudnak rá, azaz a programjaink hatására nemcsak a képernyőn történik valami, hanem a fizikai valóságban is…

A támogatott kártyák

- A támogatott kártyák száma e sorok írásakor: ~~571~~ 618 (számuk napról napra növekszik!)
- Csak példa gyanánt néhány ismertebb típus: Raspberry Pi Pico, Circuit Playgroung Express, Feather M4 express, **ESP32 Doit Devkit,** Nano RP2040 Connect, Metro ESP32-S2, nRF52 840 Dongle, Feather STM32F405 Express, **STM32F411CE blackpill,** Arduino Nano 33 IOT, STM32H743 Nucleo, BBC micro:bit v2, Pyboard, Raspberry Pi 4 model B és még sokan mások...



- A CircuitPython aktuális változatának letöltése innen: https://circuitpython.org/downloads (a kártya kiválasztása és rákattintás után a felbukkanó lapon a jobb felső sarokban elérhető a letöltési link)
- Mi a **Maker Go ESP32-C3 Super mini** kártyát fogjuk használni, a **CircuitPython** legfrissebb kiadásával (lásd: circuitpython.org/board/makergo_esp32c3_supermini/)

Az ESP32-C3 Super Mini kártya

- A **Maker Go ESP32-C3 Super Mini** egy kompakt fejlesztői kártya
- Mikrovezérlő: **ESP32-C3**, 32 bites **RISC-V** architektúra
- Órajel: Akár 160 MHz
- Memória: 400 KB SRAM, 384 KB ROM
- Tároló: 4 MB Flash memória
- Wi-Fi: 802.11 b/g/n (2.4 GHz)
- Bluetooth: Bluetooth 5.0 LE
- GPIO: Több mint 20 általános célú bemenet/kimenet (GPIO), melyek közül 13 van kivezetve
- Interfészek: SPI, I2C, UART, ADC, PWM

Az ESP32 C3 Super Mini kártya kivezetései

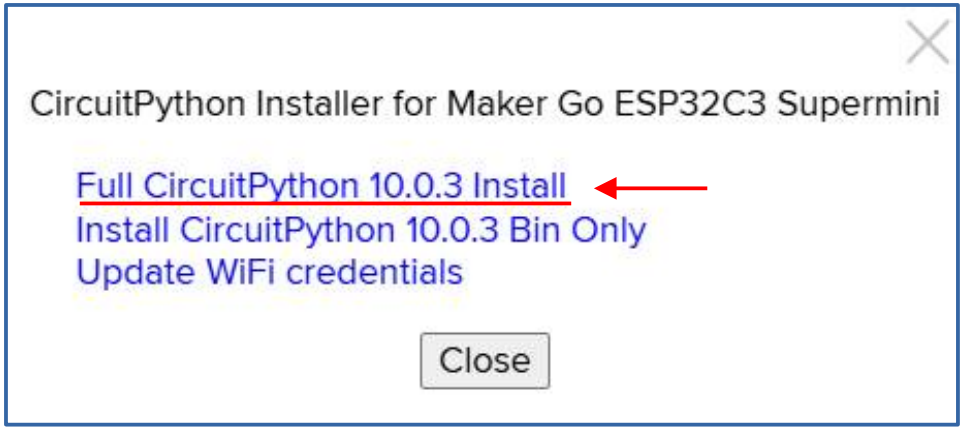
Megjegyzés: Az A5 analóg bemenet (ADC2) nem használható, ha a WiFi használatban van!

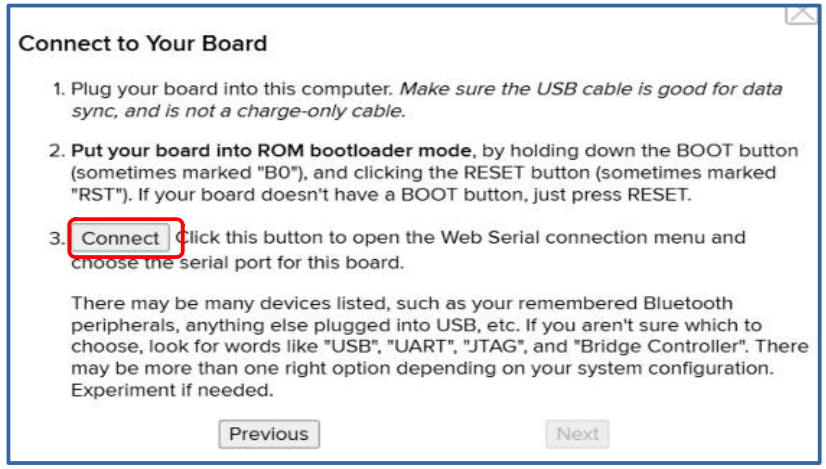
A CircuitPython firmware telepítése

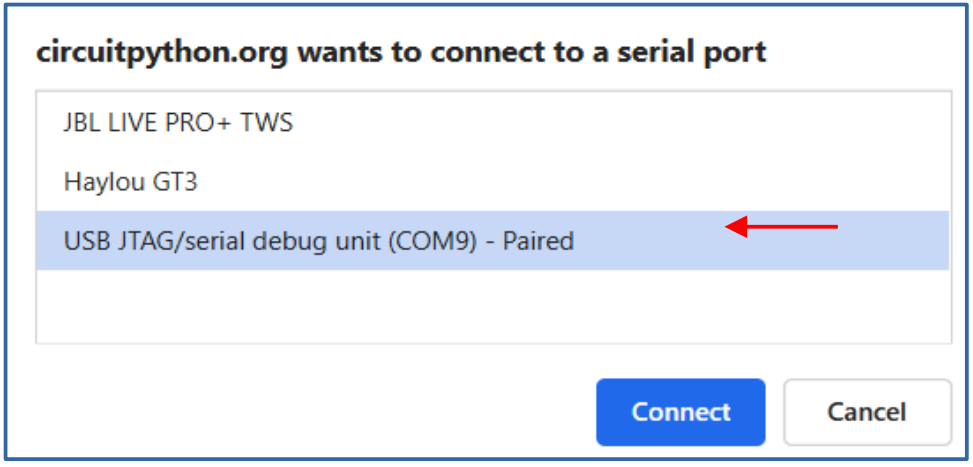
- Mivel a kártyánk gyárilag nem tartalmazza a **CircuitPython** firmware-t, így bele kell töltenünk (csak egyszer kell végrehajtani)
- Az **ESP32 Doit Devkit** kártyához a CircuitPython ~~9.2.1~~ **10.0.3** változatát innen töltöttük le: **circuitpython.org/board/makergo_esp32c3_supermini/**
- A felprogramozást a mikrovezérlő gyárilag beégetett bootloadere segítségével végezhető el, ehhez vagy a fenti honlapon az **Open Installer** eszközt, vagy a **Web Serial ESPTool,** vagy a Pythonban írt parancssori **ESPTool** letöltő programot használhatjuk
  - Az **Open Installer** és a **Web Serial ESPTool** használata egyszerűbb, de Chrome alapú (*Chrome, Edge, Opera*) böngésző kell hozzá, amiben a soros portok elérése engedélyezhető (a **chrome://flags** URL megnyitása után az **Experimental Web Platform features** opció legyen **Enabled**-re állítva)
  - Az **ESPTool.py** letöltőt **Python** környezetbe telepíteni kell a `pip install esptool` paranccsal

Az Open Installer használata

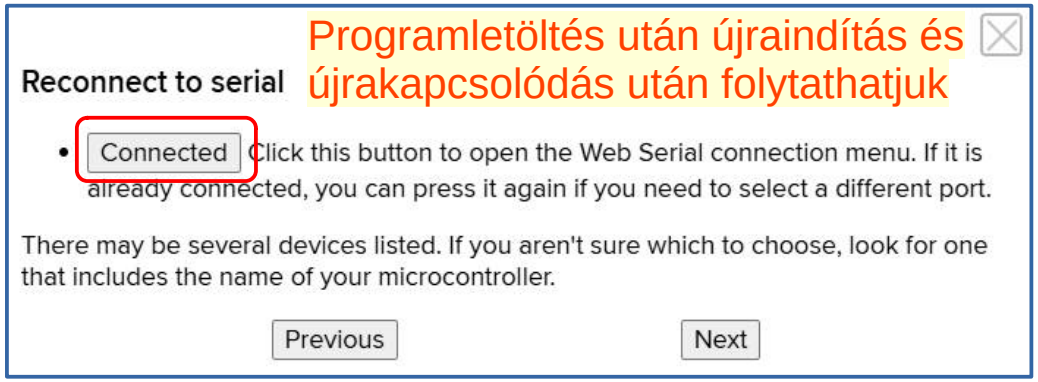
- URL: circuitpython.org/board/makergo_esp32c3_supermini/

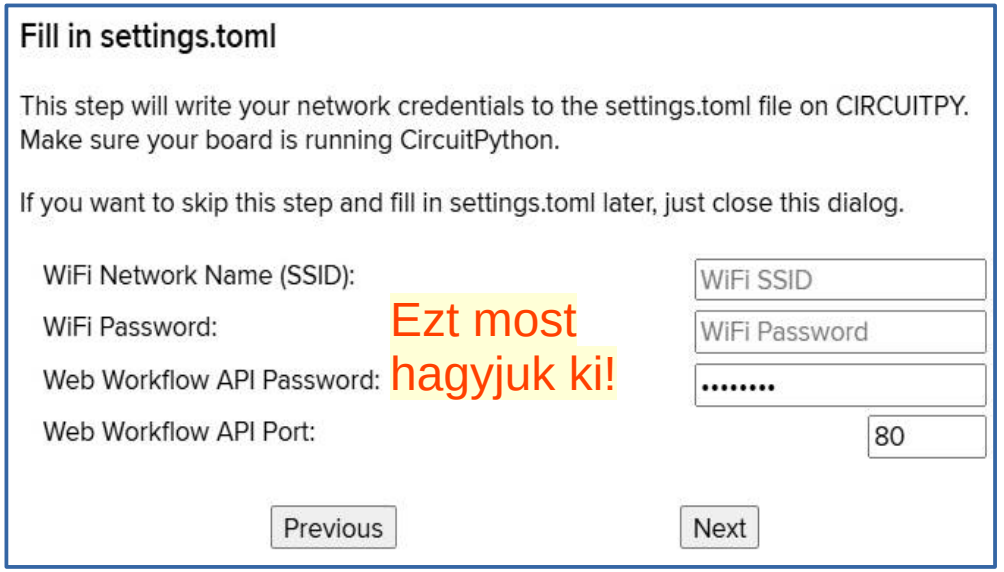






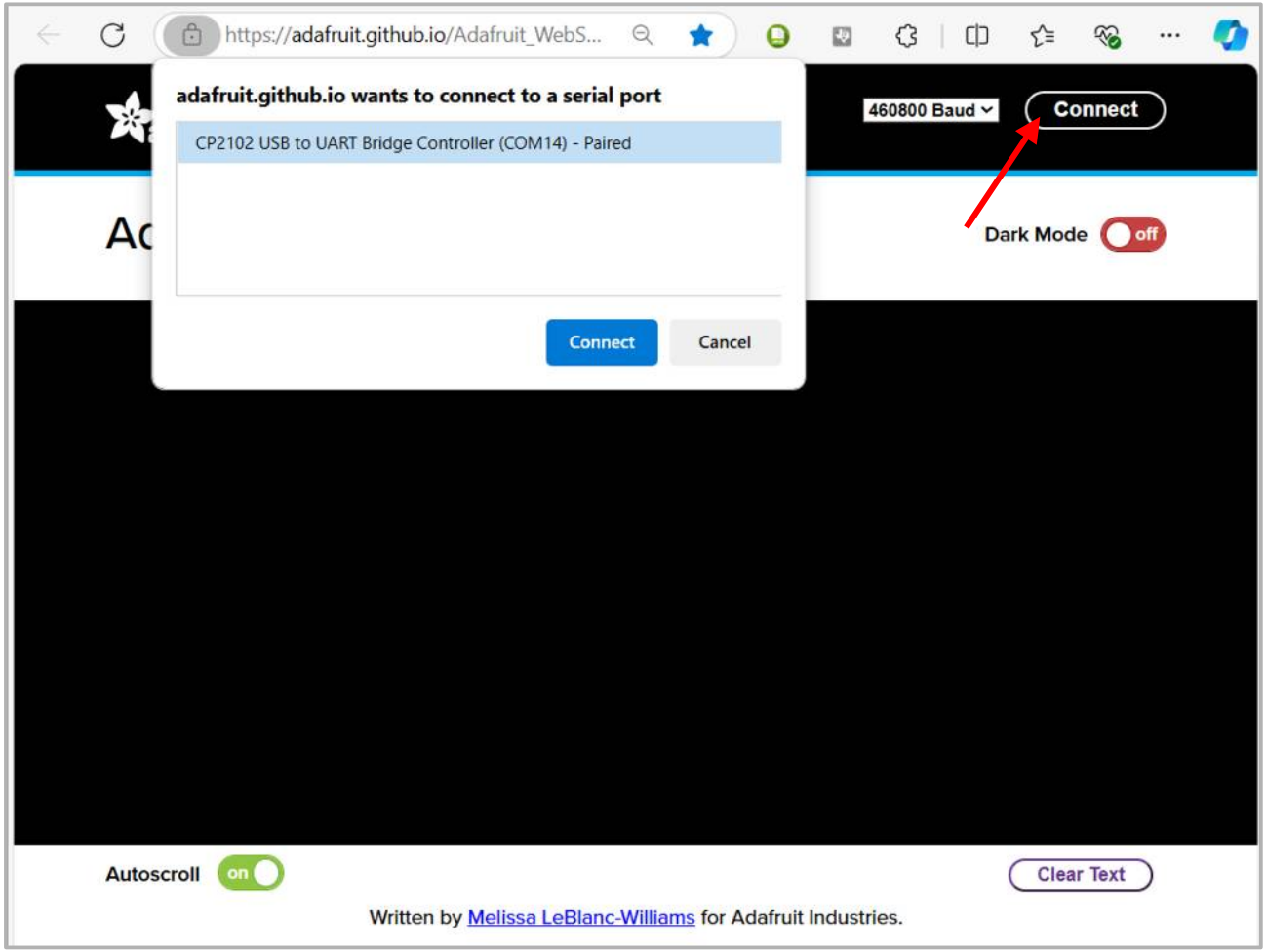
Az Open Installer használata





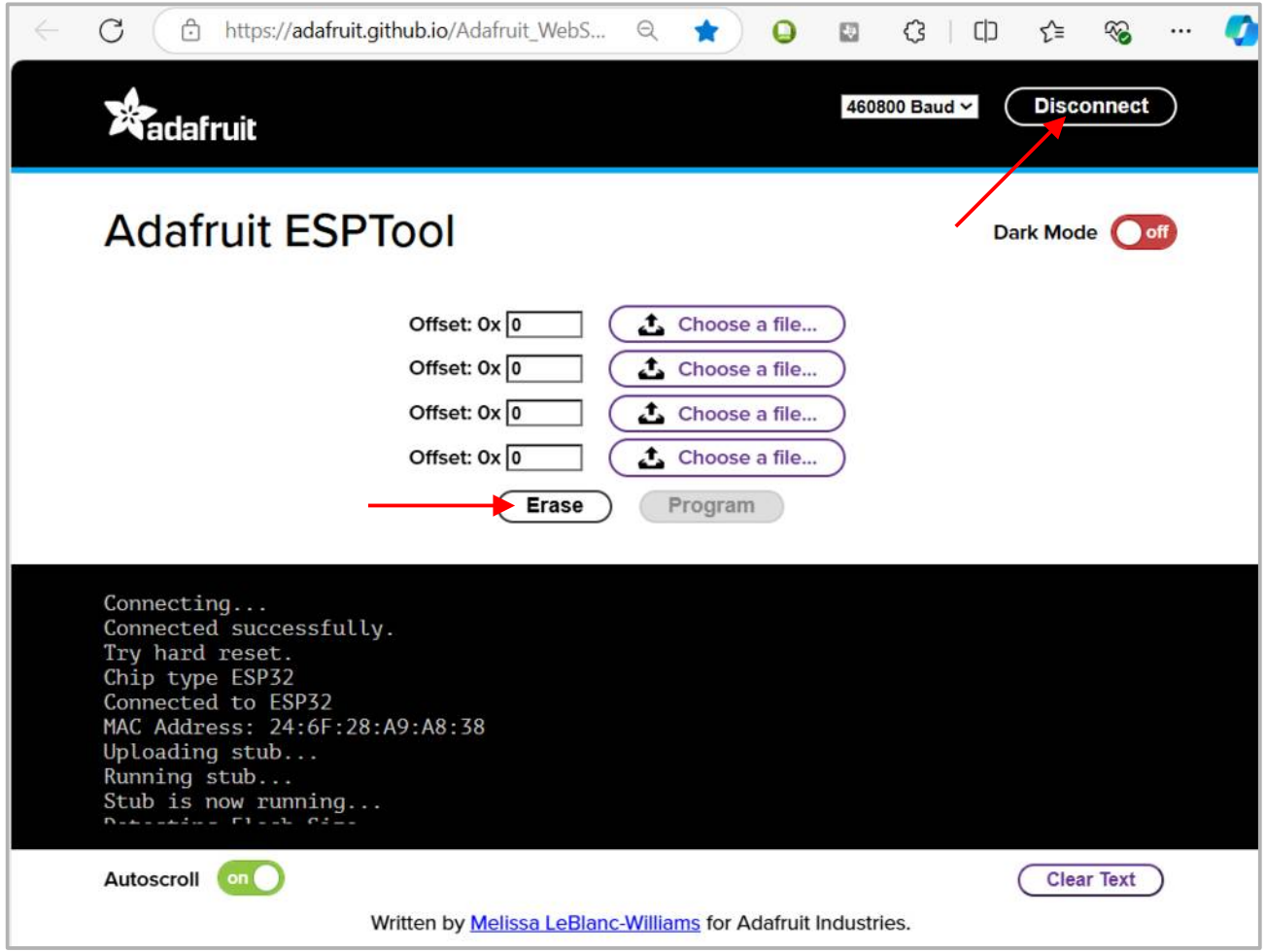
Kapcsolódás Web Serial ESPTool-hoz

- A böngészővel lépjünk a **Web Serial ESPTool** nyitólapjára!
- Csatlakoztassuk BOOT módban a kártyánkat és tartsuk a BOOT gombot lenyomva!
- Kattintsunk a böngészőben a **CONNECT** gombra!
- Válasszuk ki az eszközünkhöz tartozó soros portot és folytassuk a kék **CONNECT** gombbal



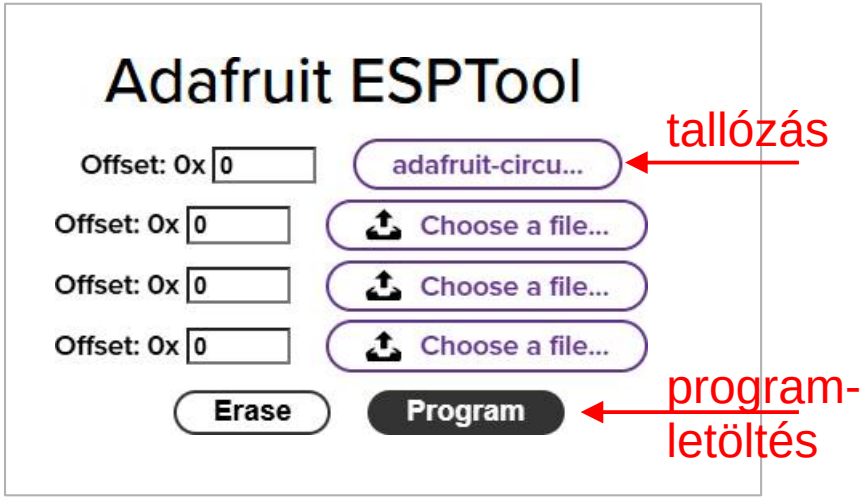
A Web Serial ESPTool használata

- Sikeres kapcsolódás esetén az ábrán látható kiírások jelennek meg a képernyőn
- Az **ERASE** gomb segítségével törölhetjük a flash memória tartalmát
- Az **DISCONNECT** gomb segítségével megszakíthatjuk a kártyával a soros porti kapcsolatot (most még ne nyomjuk!)



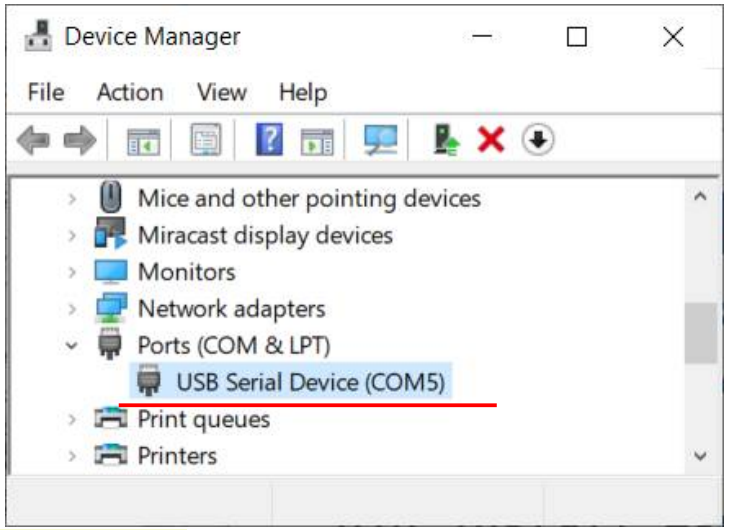
A Web Serial ESPTool használata

- A jobb felső gombra kattintva tallózzuk be az előzőleg letöltött **CircuitPython firmware**-t (adafruit-circuitpython-makergo_esp32c3_supermini-en_US-~~9.2.1~~10.0.3.bin)
- Ügyeljünk arra, hogy a betöltési kezdőcím **0x0** legyen!
- Az **ERASE** gombra kattintva a flash memória teljes tartalmát törölhetjük
- A **PROGRAM** gombra kattintva csak a felülírt flash memóriaterület törlődik, majd beírásra kerül a CircuitPython firmware
- A programletöltés után a **DISCONNECT** gombra kattintva szakítsuk meg a kapcsolatot, majd a kártya resetelése után kapcsolódjunk egy terminálablakhoz



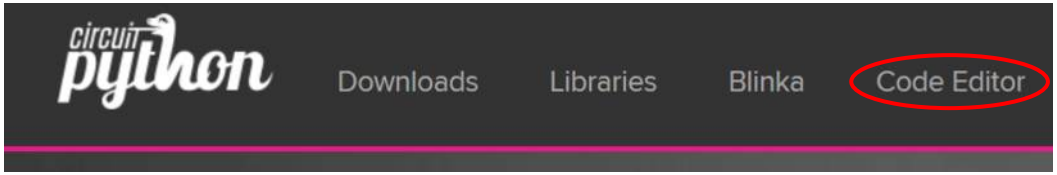
ESPTool.py – a parancssori letöltőprogram

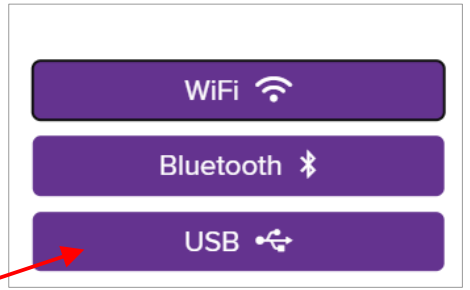
- Programletöltésre **egy másik lehetőség** az offline, parancssori megoldás, az **esptool.py** (ehhez telepíteni kell a Python-t is, ha még nincs telepítve)
- A telepítéséhez adjuk ki az alábbi parancsot:
  `pip install esptool`
- A **Device Manager**-ben keressük meg a kártyánkhoz tartozó port nevét (pl. **COM5**)
- A flash memória teljes törlése:
  `esptool --port COM5 erase_flash`
- A **CircuitPython firmware** letöltése:
  `esptool -p COM5 write_flash -z 0x0 firmware.bin`
  ahol *firmware.bin* helyére az előzőleg letöltött firmware nevét, ill. elérési útvonalát kell megadni
- A parancsok kiadása után szükség lehet a **BOOT** gomb lenyomására!



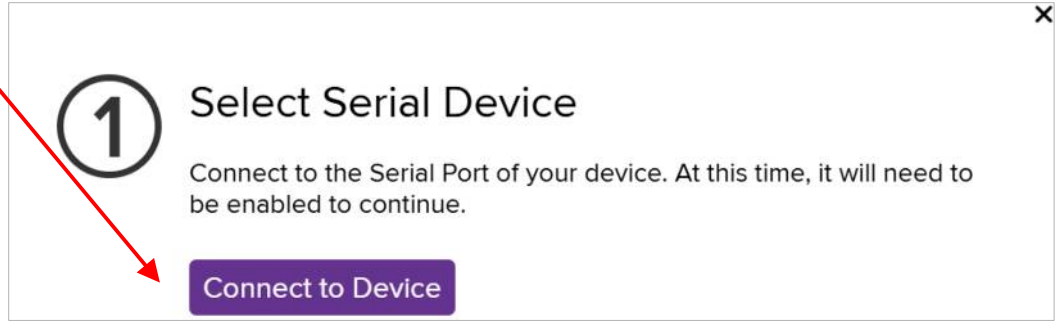
Webes munkakörnyezet

- A **circuitpython.org** honlapon a **Code Editor** gombra kattintva elindíthatjuk a webes munkakörnyezetet





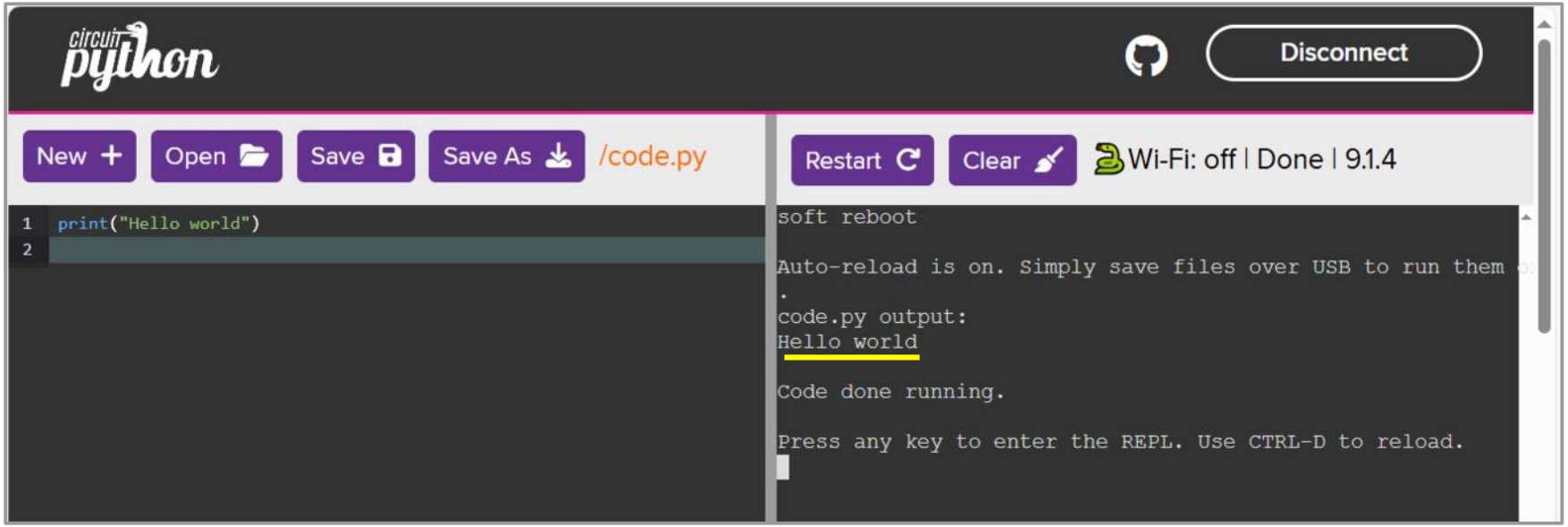
- A kapcsolódáshoz az USB opciót kell választanunk
- A **Connect to Device** gombra kattintva a szokásos módon ki kell választani a **Web Serial** kapcsolat számára a kártyához tartozó soros portot



- A kék **Connect** gombra kattintva megnyílik a kódszerkesztő és fájlkezelő ablak (USB port híján nincs CIRCUITPY: meghajtó!!!)

Helloworld.py

- Írjuk be a `print("Hello World!")` parancsot, vagy nyissuk meg a **code.py** állományt az **Open** gombra kattintva!
- A megszerkesztett programot **code.py** néven mentsük el
- A **Restart,** vagy **Save+Run** gombra kattintva lefut a program

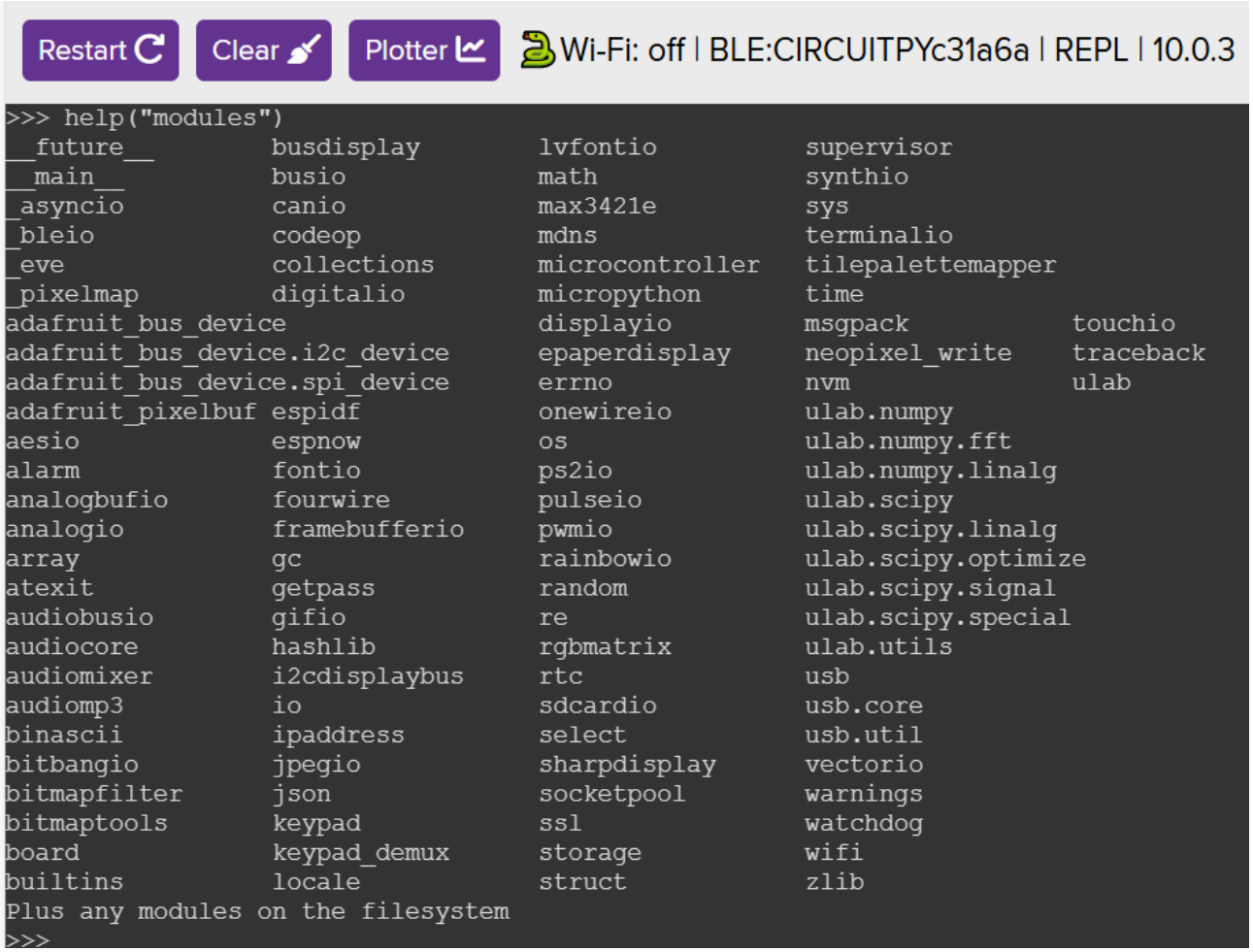


A REPL mód használata

- A Serial (soros porti) ablakban **Enter** gomb nyomására beléphetünk az interaktív REPL módba (Read-Eval-Print Loop)
- Adjuk ki például az alábbi parancsokat

```
>>> print(5 + 8)
13

>>> help("modules")
__future__
__main__
_asyncio
adafruit_bus_device
...
```



A REPL mód használata

- Az első LED villogtató program megírásához derítsük ki, hogy hogyan hívják az egyes kivezetéseket!
- Adjuk ki az alábbi parancsokat

```
>>> import board
>>> dir(board)
['__class__', '__name__', 'BOOT0', 'BUTTON', 'I2C', 'IO0', 'IO1',
'IO10', 'IO2', 'IO20', 'IO21', 'IO3', 'IO4', 'IO5', 'IO6', 'IO7',
'IO8', 'IO9', 'LED', 'MISO', 'MOSI', 'RX', 'SCK', 'SCL', 'SDA',
'SPI', 'TX', 'UART', '__dict__', 'board_id']
>>> print(board.LED)
board.IO8
```

- A beépített LED tehát `board.IO8`, vagy `board.LED` néven érhető el

A beépített LED villogtatása: ledblink.py

- Írjuk be az alábbi programot!
- A **Save as** gombbal töltsük le a mikrovezérlőre **code.py** néven!
- **Restart,** vagy **Ctrl-D** nyomására a program elindul és végtelen ciklusban kétmásodpercenként felvillantja a beépített LED-et
- A **time.sleep()** függvény paraméterét másodpercben kell megadni
- **Megjegyzés:** a beépített LED katódját vezéreljük, ezért **a kimenet lehúzásakor** világít a LED!

ledblink.py

```
import board
import digitalio
import time

led = digitalio.DigitalInOut(board.LED)
led.direction = digitalio.Direction.OUTPUT

while True:
    led.value = False
    time.sleep(0.25)
    led.value = True
    time.sleep(1.75)
```

A kártya kivezetéseinek listázása: pin_list.py

- Listázzuk ki a kivezetések neveit és másodlagos neveit!

pin_list.py

```
import microcontroller
import board

board_pins = []
for pin in dir(microcontroller.pin):
    if isinstance(getattr(microcontroller.pin, pin), microcontroller.Pin):
        pins = []
        for alias in dir(board):
            if getattr(board, alias) is getattr(microcontroller.pin, pin):
                pins.append("board.{}".format(alias))
        if len(pins) > 0:
            board_pins.append(" ".join(pins))
for pins in sorted(board_pins):
    print(pins)
```

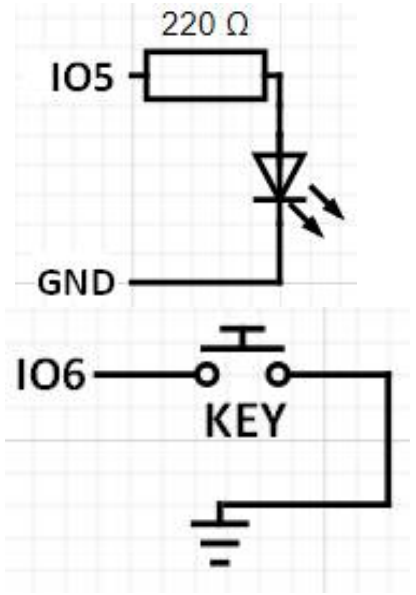
```
code.py output:

board.IO0
board.IO1
board.IO2
board.IO3
board.IO4 board.SCK
board.IO5 board.MISO
board.IO6 board.MOSI
board.IO7
board.IO8 board.LED board.SDA
board.IO9 board.SCL \
     board.BOOT0 board.BUTTON
board.IO10
board.IO20 board.RX
board.IO21 board.TX
```

Digitális ki- és bemenetek kezelése

- A digitális ki- és bemenetek kezelése a **DigitalInOut** objektumok segítségével történik, például:
- **Kimenet konfigurálása:**

```
import digitalio, board
led = digitalio.DigitalInOut(board.IO5)
led.direction = digitalio.Direction.OUTPUT
led.drive_mode = digitalio.DriveMode.OPEN_DRAIN
```



- **Bemenet konfigurálása:**

```
import digitalio, board
button = digitalio.DigitalInOut(board.IO6)
button.direction = digitalio.Direction.INPUT
button.pull = digitalio.Pull.UP
```

- Megjegyzés: nem kell ilyen hosszú litániákat írni, ha így importálunk:
  `from digitalio import DigitalInOut, Direction, DriveMode, Pull` vagy
  `from digitalio import *`

LED vezérlése nyomógombbal: ledswitch.py

- Kapcsolgassuk egy LED-et (**IO5**) az **IO6** és a GND közé kötött nyomógomb segítségével!

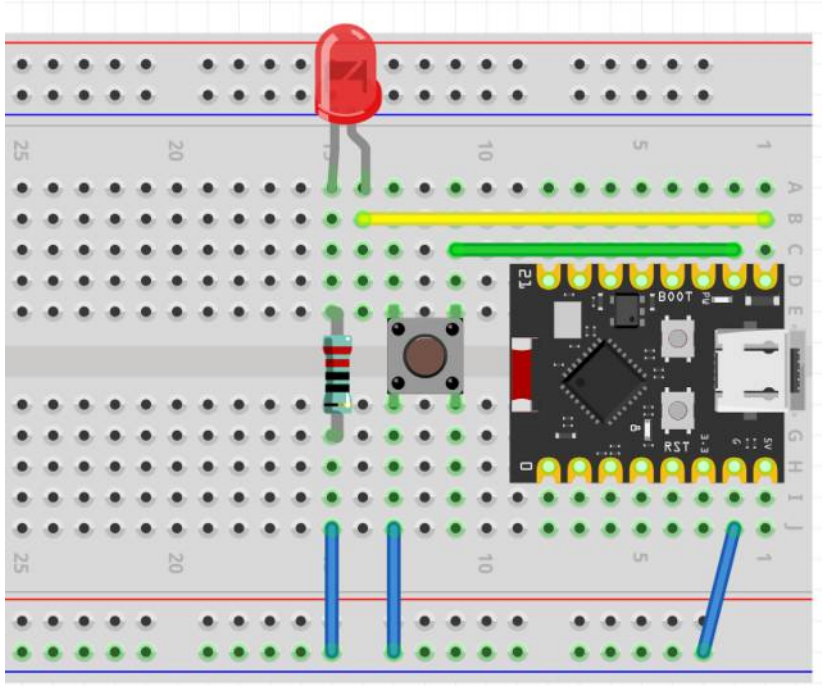
ledswitch.py

```
from digitalio import *                 # DigitalInOut,Direction,
import time, board                      # Pull,DriveMode

led = DigitalInOut(board.IO5)           # LED (IO5)
led.direction = Direction.OUTPUT
led.drive_mode = DriveMode.PUSH_PULL
led.value = False                       # Initially OFF

button = DigitalInOut(board.IO6)        # Pusbutton (IO6)
button.direction = Direction.INPUT
button.pull = Pull.UP

while True:
    while button.value: pass            # Wait for keypress
    led.value = not led.value           # Flip LED state
    time.sleep(0.02)
    while not button.value:             # Wait for key release
        pass
    time.sleep(0.02)
```



LED vezérlés nyomógombbal másképp: ledswitch2.py

- Kapcsolgassuk a beépített LED-et (**IO8**) a beépített nyomógomb (**IO9**) segítségével!

ledswitch2.py

```
from digitalio import *                 # DigitalInOut,Direction,
import time, board                      # Pull,DriveMode

led = DigitalInOut(board.LED)           # LED (IO8)
led.direction = Direction.OUTPUT
led.drive_mode = DriveMode.PUSH_PULL
led.value = True                        # Initially OFF

button = DigitalInOut(board.BUTTON)     # Pusbutton (IO9)
button.direction = Direction.INPUT
button.pull = Pull.UP

while True:
    while button.value: pass            # Wait for keypress
    led.value = not led.value           # Flip LED state
    time.sleep(0.02)
    while not button.value:             # Wait for key release
        pass
    time.sleep(0.02)
```

A beépített LED-nek a katódja van kivezetve az **IO8** lábon, ezért „fordított logikával” kell vezérelni

Ezért a `led.value = True` parancs hatására a LED kialszik

A nyomógomb helyes kezelése:

1, Lenyomásra várunk
2. Elvégezzük a tevékenységet
3. Pergésmentesítési várakozás
4. Felengedésre várunk
5. Pergésmentesítési várakozás

A Python nyelv elemei

- A **Python** objektumorientált nyelv, ami lehetővé teszi az adatok és a funkciók objektumokba szervezését
- **Osztályok és objektumok:**
  - **Osztály (class):** Az objektumok „tervrajza”
  - **Objektum:** Az osztály egy példánya
- Példa:

```
class Személy:
    def __init__(self, név, kor):
        self.név = név
        self.kor = kor
anna = Személy("Anna", 25)  # 'anna' egy Személy objektum
```

- A gyakorlatban a fentihez hasonló objektumosztályok különféle funkciókat is definiálnak, amely minden objektumpéldányban rendelkezésre áll

Változók létrehozása és használata

- **A változó** egy névvel ellátott objektum, amely egy értéket tárol
- Például: `x = 5` - itt az **x** változó az 5 értéket tárolja
- **Változók létrehozása:** `változónév = érték`
- Példák:

```
név = "Anna"
kor = 25
```

- **Változók típusai:**
  - **Szöveg** (string): név = "Anna"
  - **Egész szám** (integer): kor = 25
  - **Lebegőpontos szám** (float): magasság = 1.75

Összetett változók

- **Lista (list):** Több érték tárolása egy változóban.
  Példa:
  gyümölcsök = ["alma", "banán", "cseresznye"]
- **Tuple (tuple):** Több érték tárolása egy változóban, de az értékek nem módosíthatók.
  Példa:
  színek = ("piros", "zöld", "kék")
- **Szótár (dictionary):** Kulcs-érték párok tárolása.
  Példa:
  diák = {"név": "Anna", "kor": 25, "város": "Budapest"}

Alapvető műveletek

- A változókkal az értékedáson kívül műveleteket is végezhetünk. Az alapvető operátorok a Pythonban: +, -, *, /, //, % és **, amelyek az összeadást, kivonást, szorzást, osztást, egész osztást, maradékot és hatványozást jelölik
- Legyen például x = 5, y = 2, akkor:
  - Összeadás: x + y = 7
  - Kivonás: x - y = 3
  - Szorzás: x*y = 10
  - Osztás: x/y = 2.5
  - Egészosztás: x//y = 2 (lefelé kerekít a legközelebbi egész számra)
  - Maradék: x%y = 1 (az osztási maradékot adja vissza)
  - Hatványozás: x**y = 25 (az 5 második hatványa)

Python szimulátor

- URL: **www.online-python.com/**
- Itt az online felületen a Python nyelvet próbálhatjuk ki, ami bővebb a CircuitPythonnál, viszont fizikai programozásra nem tudjuk használni