

„Ha beérjük annyival, hogy elátkozzuk vagy dicsőítjük a technikát, akkor sohasem jutunk el lényegének a megragadásához.”

Martin Heidegger

MIKROVEZÉRLŐS RENDSZERFEJLESZTÉS


STMicroelectronics
STM32F407G-DISC1 Discovery Kit

Zsupányi Krisztián

Bevezetés a mikrovezérlők világába – A hardver



STARTING STARTING STARTING STARTING



BEVEZETÉS A MIKROVEZÉRLŐK VILÁGÁBA

MOTIVÁCIÓ – MIÉRT ÉRDEMES MEGTANULNI?

- **Mindenhol jelen vannak:** okos eszközök, ipari gépek, autók, IoT, orvosi műszerek.
- **Fejlesztőként versenylőny:** aki tud firmware-t írni, az hardverközeli rendszerek tervezésébe is részt tud venni.
- **Interdiszciplináris tudás:** elektronika, szoftverfejlesztés, vezérléstechnika.
- **Projekt- és karrierlehetőségek:** ipari automatizálás, beágyazott rendszerek fejlesztése, robotika.
- A hétköznapi PC-s programozástól eltérően itt **minden mikro- és milliszekundum számít és kézzel fogható az eredmény.** 😊

MIKRO – PROCESSZOR - VEZÉRLŐ

Mikroprocesszor (MPU – Microprocessor Unit)

- Egy központi feldolgozó egység (CPU), amely önmagában nem képes működő rendszerként funkcionálni.
- **Nincs beépített memória, periféria** vagy tároló – ezek külön chipekben vannak, és a processzor egy külső buszrendszeren keresztül éri el őket.

Programozás: Teljes értékű OS (Windows, Linux)



Mikrovezérlő (MCU – Microcontroller Unit)

Egy „minden az egyben” chip, amely tartalmazza:

- CPU-t, Memóriát (RAM, Flash)
- Perifériákat (GPIO, UART, SPI, I²C, ADC, PWM stb.)

Teljes önálló számítógép egyetlen chipen, ami közvetlenül vezérelhet eszközöket.

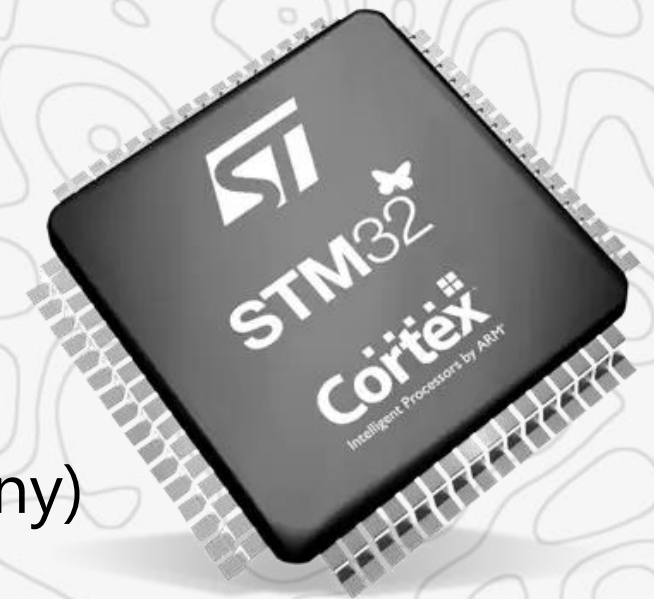
Programozás: Bare-metal vagy RTOS (ChibiOS, FreeRTOS)



MI AZ A MIKROVEZÉRLŐ?

A mikrovezérlő (MCU – Microcontroller Unit) egy **kis méretű számítógép** egyetlen integrált áramkörön, amely magában foglalja:

- **CPU** (központi feldolgozó egység)
- **Memória** (RAM és Flash)
- **Perifériák** (GPIO, UART, SPI, I²C, ADC, PWM stb.)
- **Órajel-generátor** és egyéb rendszerlogika
- **Fogyasztás:** Alacsony (milliwatt–mikrowatt tartomány)
- **Frekvencia:** Közepes (több tíz–száz MHz)
- **Árazás:** Pár száz, néhány ezer forint



ARM = ADVANCED RISC MACHINE

ARM a világ egyik legnagyobb processzorarchitektúra-szállítója, de **nem gyárt chipeket** → csak a mag terveit licenceli (pl. ST, NXP, Qualcomm, Apple).

ARM architektúra főbb jellemzői

- **Harvard architektúra:** külön adat- és utasításbusz → párhuzamos elérés
- **32 és 64 bites magok** (ARMv7 – 32 bit, ARMv8 – 64 bit)
- **Thumb és Thumb-2 utasításkészlet:**
 - Thumb: 16 bites utasítások → kisebb kód méret
 - Thumb-2: vegyes 16 és 32 bites utasítások → nagyobb rugalmasság
- **Pipeline feldolgozás:** több utasítás párhuzamos feldolgozása (Cortex-M4 esetén 3 fokozatú pipeline)
- **Energiatakarékosság:** kis fogyasztás / teljesítmény arányban kiemelkedő
- **Licencelhető mag:** a gyártók egyedi perifériákkal bővítik → pl. STM32 család saját kommunikációs modulokkal

1980-as évek elejére nyúlik vissza

arm

ARM MAGOK KATEGÓRIÁI

Jellemző	Cortex-A	Cortex-R	Cortex-M
Fő cél	Alkalmazás CPU	Valós idejű vezérlés	Beágyazott MCU
OS támogatás	Teljes OS (Linux, Android)	RTOS vagy bare-metal	RTOS vagy bare-metal
Órajel	1–3 GHz	200 MHz – 1 GHz	20–600 MHz
Fogyasztás	Magas	Közepes	Alacsony
Alkalmazás	Nagy számítási teljesítményt igénylő alkalmazások	Valós idejű, nagy megbízhatóságú rendszerek	Beágyazott rendszerek, kis energiafogyasztás, hardverközei vezérlés
Példák	Okostelefon, tablet, laptop	Telekommunikáció (bázisállomás), Ipari vezérlések, Autóipari ECU	Beágyazott rendszerek, Szenzorok, IoT

Bevezetés a mikrovezérlők világába

1980-as évek elejére nyúlik vissza

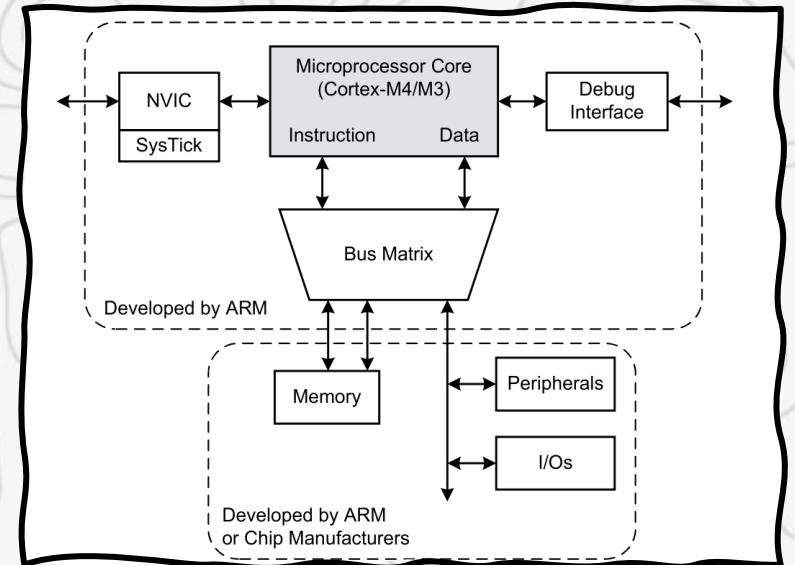
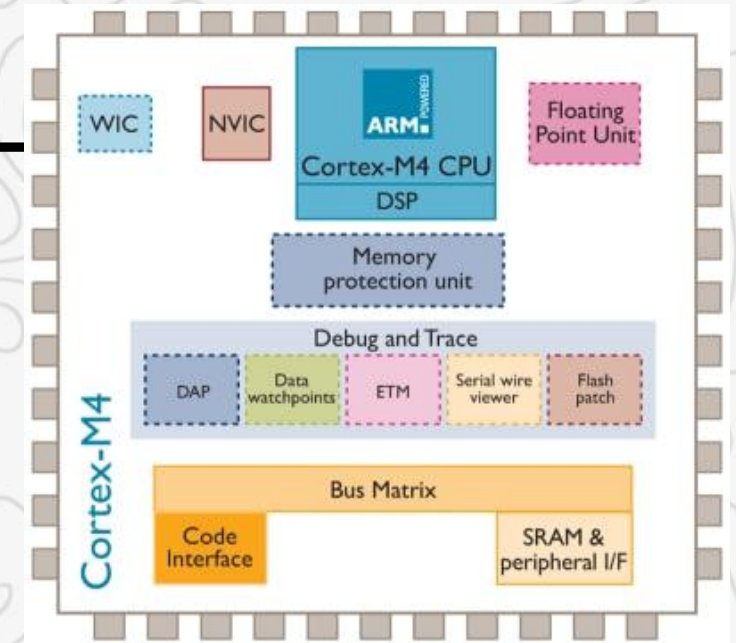
arm

ARM CORTEX-M MAG

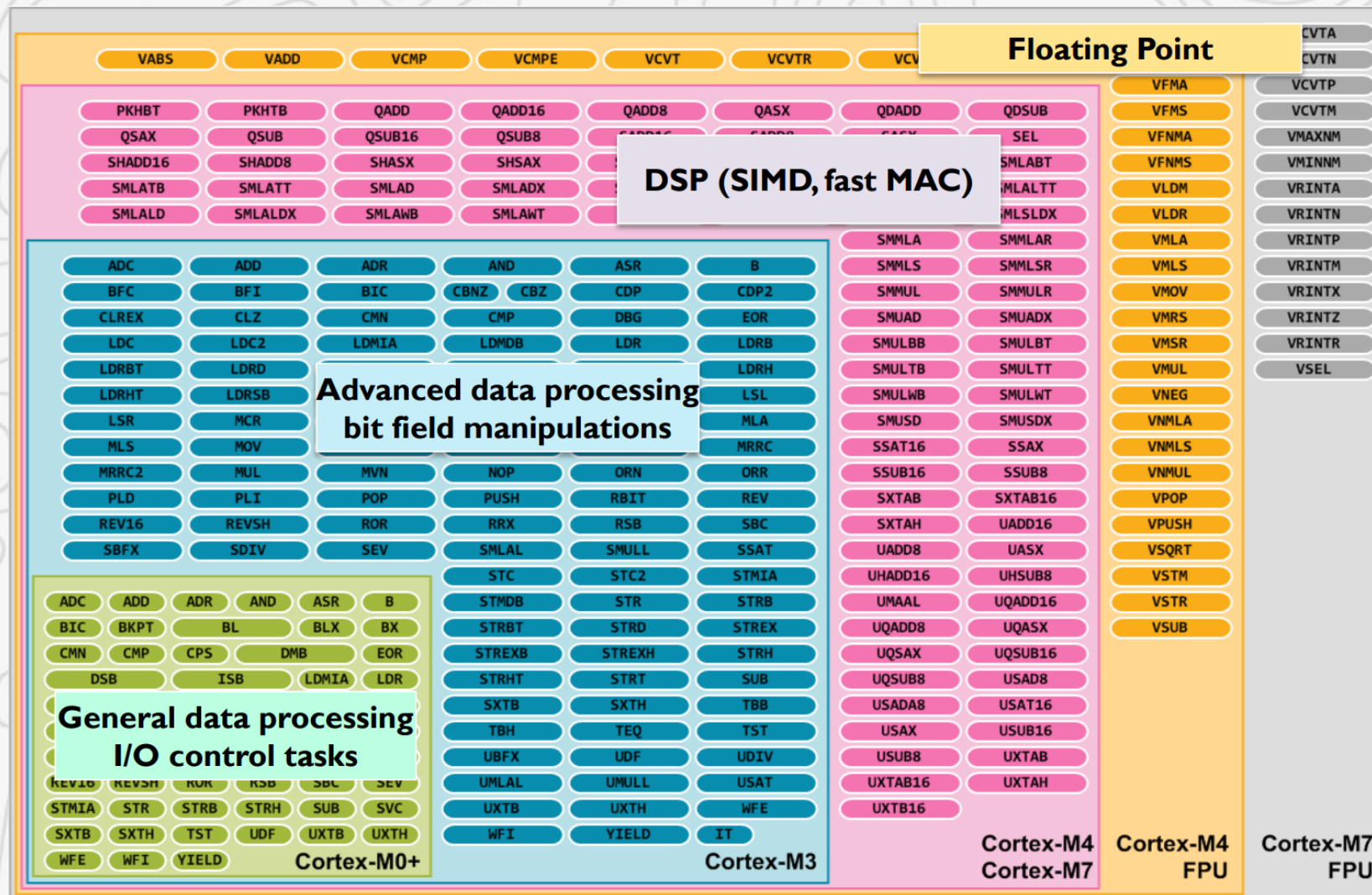
A Cortex-M mag egy **RISC (Reduced Instruction Set Computing)** alapú, 32 bites processzormag.

Fő célok:

- **Determinisztikus működés** → kiszámítható megszakítási idő
- **Alacsony fogyasztás** → energiatakarékos üzemmódok
- **Egyszerű fejlesztés** → C nyelv, kevesebb utasítás
- **Alacsony költség** → kis méretű logika, olcsó gyártás
- **Cortex-M általában tartalmazza:**
 1. Mikroproceszor mag
 2. Nested Vectored Interrupt Controller (NVIC)
 3. Busz rendszer és busz mátrix
 4. Memória és perifériák
 5. Hibakezelési támogatás (JTAG / SerialWire)



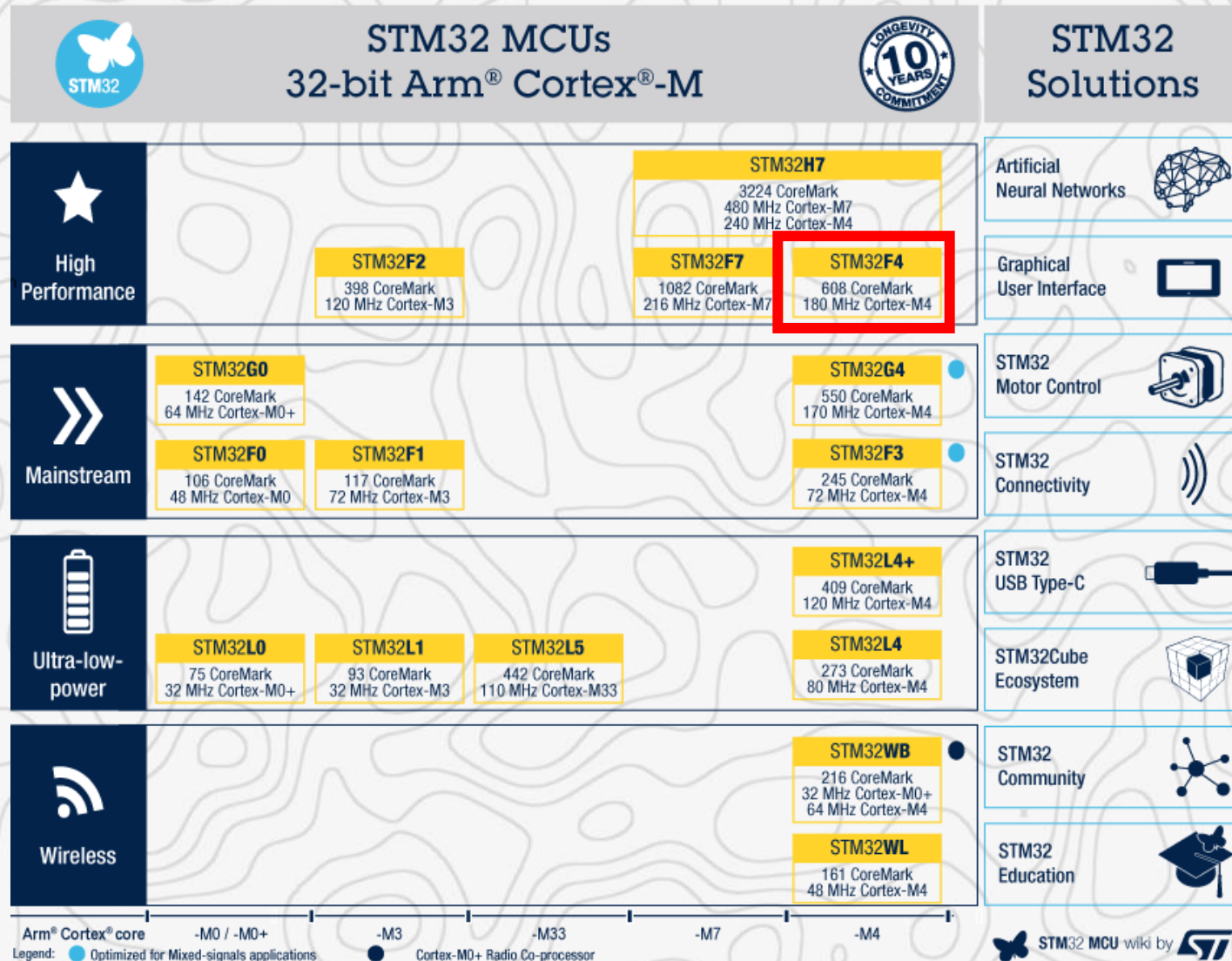
ARM CORTEX-M UTASÍTÁSKÉSZLETE



ar n

1980-as évek elejére nyúlik vissza

STM32 PROCESSZORCSALÁD

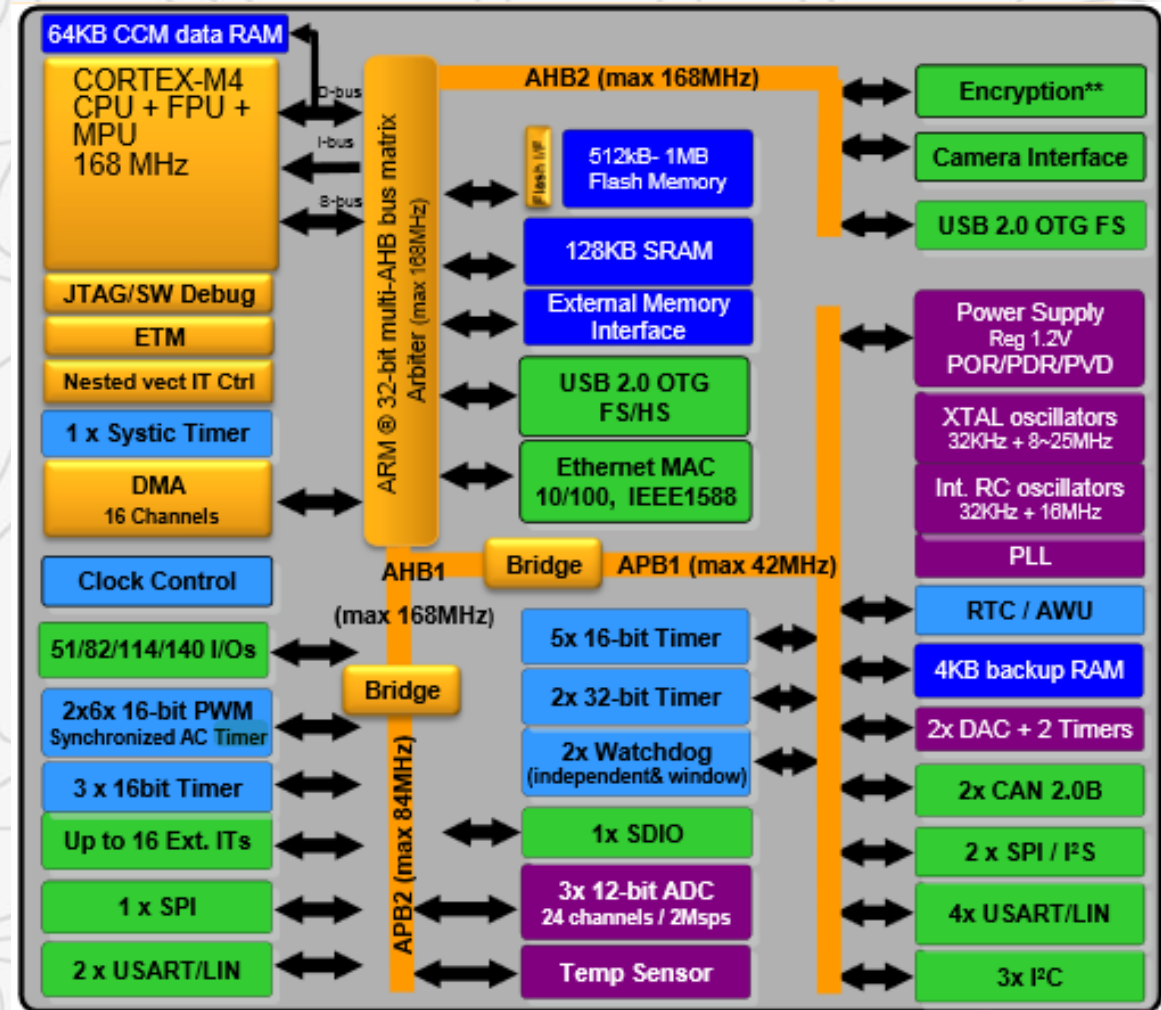


STM32F407 MIKROVEZÉRLŐ



STM32F407

System	ART Accelerator™	
Power supply 1.2 V regulator POR/PDR/PVD	Arm® Cortex®-M4 CPU 168 MHz	Up to 1-Mbyte Flash memory
Xtal oscillators 32 kHz + 4 ~26 MHz		Up to 192-Kbyte SRAM
Internal RC oscillators 32 kHz + 16 MHz		FSMC/ SRAM/NOR/NAND/CF/ LCD parallel interface
PLL		80-byte + 4-Kbyte backup SRAM
Clock control	Floating point unit (FPU) Nested vector interrupt controller (NVIC) JTAG/SW debug/ETM Memory Protection Unit (MPU)	Connectivity
RTC/AWU		Camera interface
SysTick timer		3x SPI, 2x I ² S, 3x I ² C
2x watchdogs (independent and window)		Ethernet MAC 10/100 with IEEE 1588
51/82/114/140 I/Os		2x CAN 2.0B
Cyclic redundancy check (CRC)		1x USB 2.0 OTG FS/HS
		1x USB 2.0 OTG FS
		SDIO
		6x USART LIN, smartcard, IrDA, modem control
Control		Analog
10x 16-bit timer	Multi-AHB bus matrix	2-channel 2x 12-bit DAC
2x 16-bit motor control PWM synchronized AC timer	16-channel DMA with Batch Acquisition Mode (BAM)	3x 12-bit ADC 24 channels/2.4 MSPS
2x 32-bit timer	True random number generator (RNG)	Temperature sensor



STM32F407 - AHB ÉS APB BUSZOK



AHB – Advanced High-performance Bus

Fő szerepe: gyors, szélessávú kapcsolat biztosítása a **nagy sebességű perifériák** és a CPU/DMA között.

Mire használják:

Memória (SRAM, Flash gyors elérés), DMA vezérlő, Ethernet MAC, USB OTG, GPIO gyors hozzáférés

Órajel: általában az MCU **fő órajeléhez** (HCLK) igazodik, tehát a leggyorsabb a rendszerben.

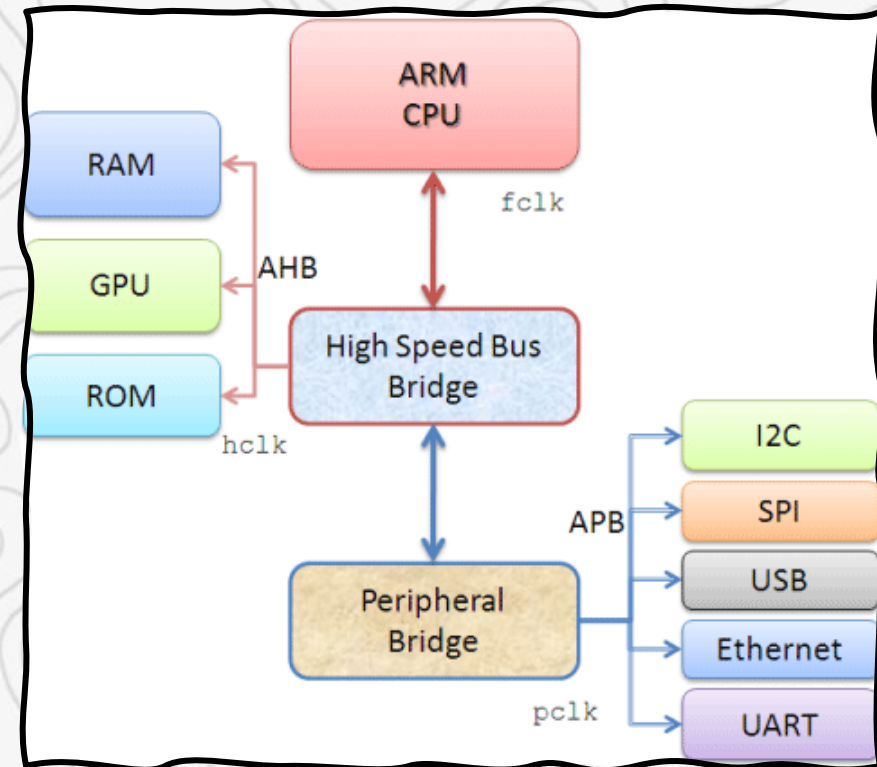
APB – Advanced Peripheral Bus

Fő szerepe: kapcsolat biztosítása a **lassabb perifériák** és a busz mátrix között.

Mire használják:

UART/USART, SPI/I²C, Timer egységek, ADC/DAC, Watchdog

Órajel: általában **alacsonyabb**, mint az AHB órajele (pl. AHB órajel / 2 vagy /4).



AHB–APB híd

Mivel az AHB gyorsabb, az APB lassabb, a kettőt **busz-híd (bridge)** köti össze.

STM32F407 - BUSZ MÁTRIX

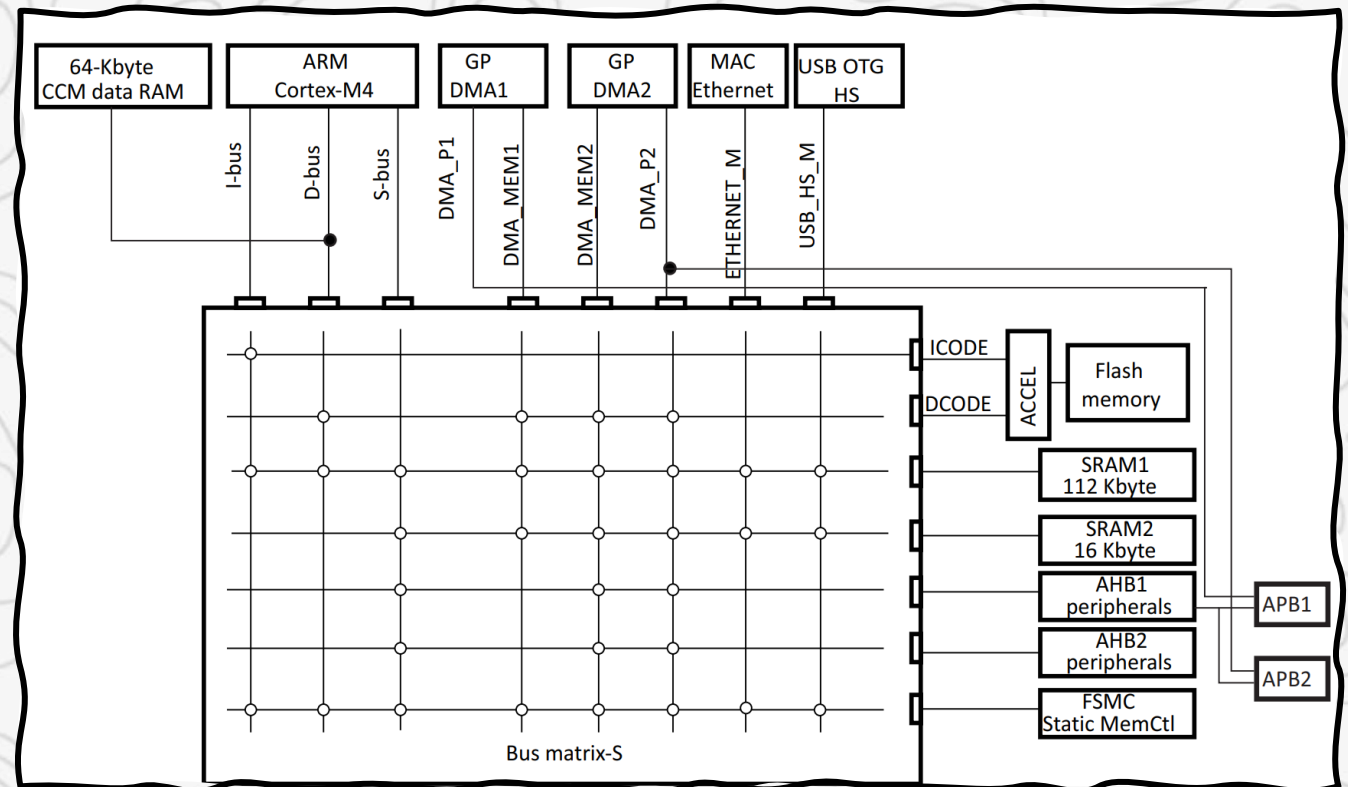


A processzor az összes perifériát az AHB buszon keresztül éri el, jellemzően nagy sebességet igénylő perifériák:

RAM, FLASH, Ethernet, USB, DMA

Miért van rá szükség?

- A modern MCU-kban **több mester** (bus master) van, nem csak a CPU:
 - **CPU mag**
 - **DMA vezérlő**
 - **Debug egység**
 - **Ethernet MAC** (ha van)
- Ezek **egyszerre** szeretnék elérni a memóriát vagy perifériákat.
- A **Busz Mátrix** dönti el, ki mikor, melyik buszon férhet hozzá.



STM3F407 - DIRECT MEMORY ACCESS



Mi az a DMA?

- **Direct Memory Access** = közvetlen memória-hozzáférés
- Olyan **hardveres egység**, amely **adatot tud másolni két memória/periféria között a CPU beavatkozása nélkül**.

Miért jó?

- Tehermentesíti a CPU-t, így a CPU közben más feladatot végezhet
- Gyors, adatmozgatás párhuzamosan a CPU munkájával
- Determinisztikus adatátvitel, nincs függés a programkódtól

Tipikus adatátviteli irányok:

- Periféria → Memória (pl. ADC mérések betöltése RAM-ba)
- Memória → Periféria (pl. UART/SPI adatküldés)
- Memória → Memória (ritkább, de pl. képmásolásnál hasznos)

STM32F407 – ÓRAJEL KONFIGURÁCIÓ



Órajel források

HSI (High Speed Internal)

HSE (High Speed External)

LSI (Low Speed Internal)

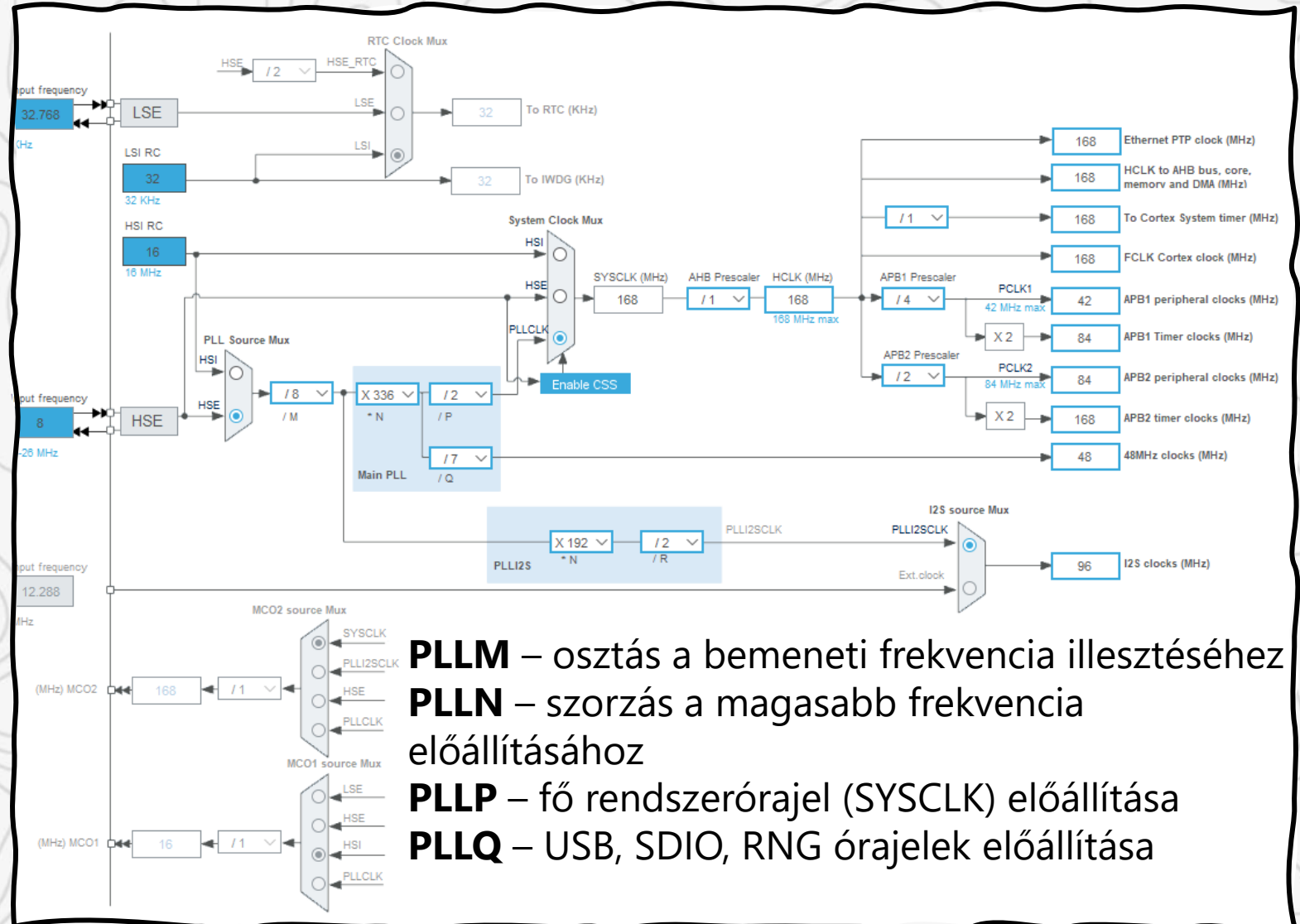
LSE (Low Speed External)

PLL: A **PLL** egy órajel-szorzó és -osztó egység
(pl. 8 MHz HSE → 168 MHz SYSCLK)

PLLM – osztás a bemeneti frekvencia illesztéséhez
PLLN – szorzás a magasabb frekvencia előállításához

PLL P – fő rendszerórajel (SYSCLK) előállítása

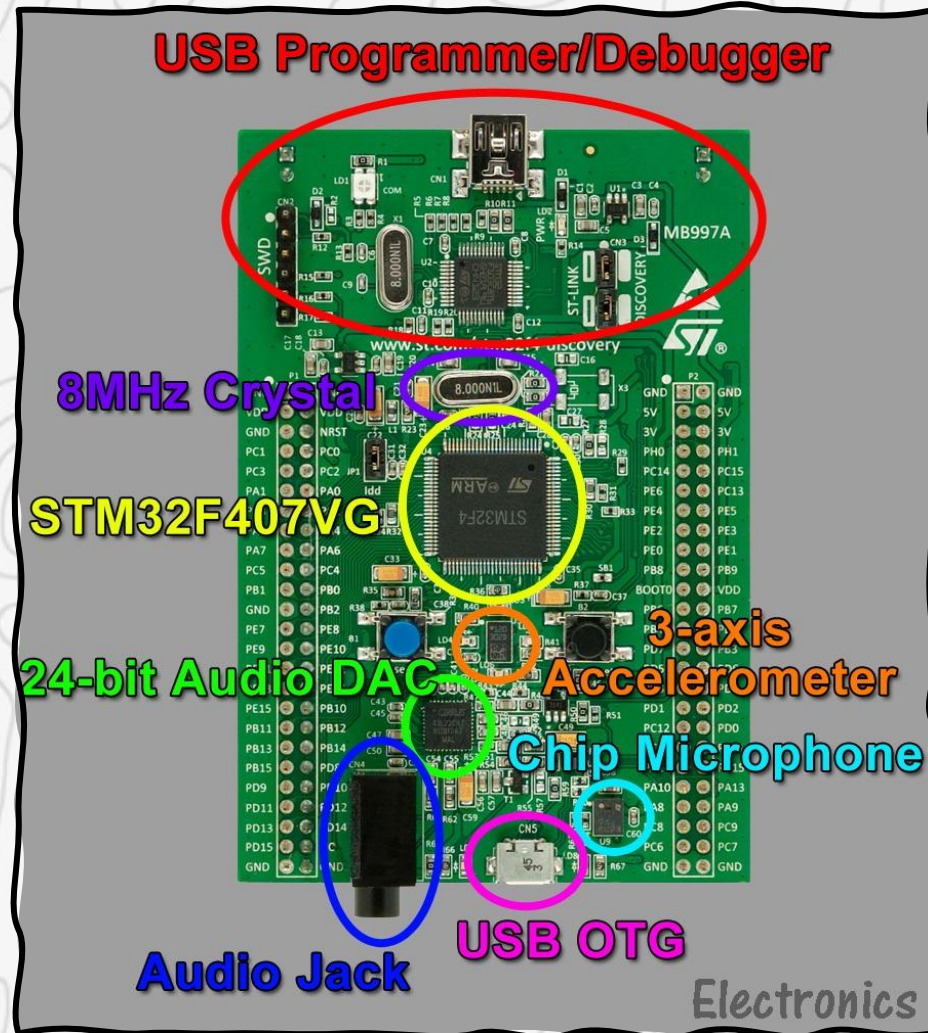
PLL Q – USB, SDIO, RNG órajelek előállítása



A close-up photograph of the STM32F407G Discovery Kit. The central component is a large, black, square integrated circuit (IC) mounted on a green printed circuit board (PCB). The PCB is densely populated with various electronic components, including numerous small surface-mount components, several larger components with pins (like the AR1 through AR15 and RM1 through RM10), and a blue component in the bottom right corner. The text "STM32F407G" and "DISCOVERY KIT" is overlaid in large, white, bold letters across the center of the image. A thin white vertical line is positioned to the right of the central IC.

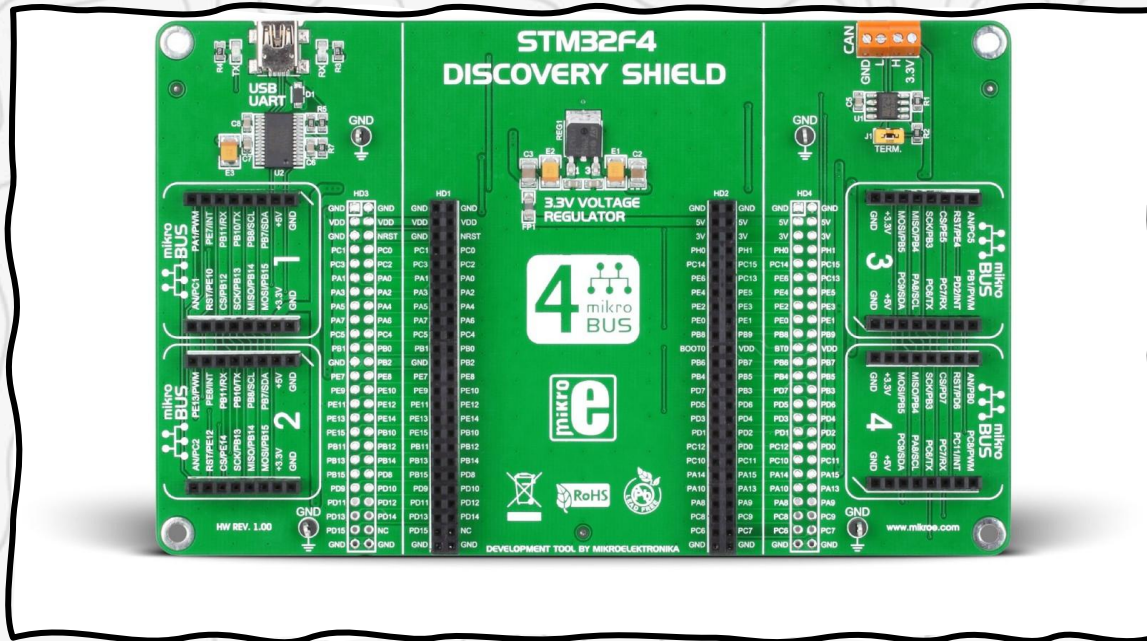
STM32F407G DISCOVERY KIT

STM32F407 DISCOVERY

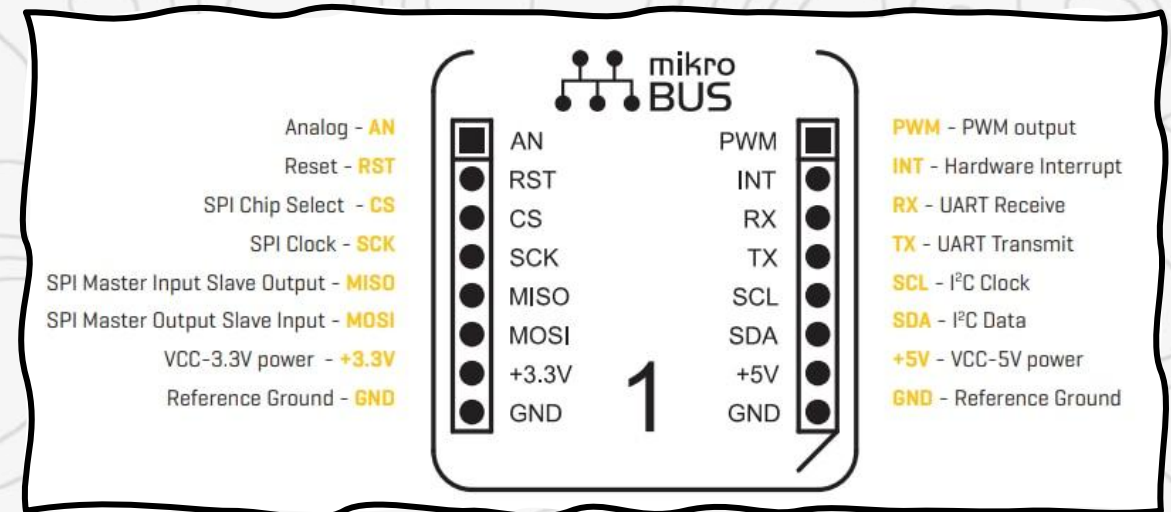


- **STM32F407VGT6** mikrovezérlő 32-bit ARM® Cortex® -M4
- **Cortex® -M floating-point unit (FPU)**
- **1-Mbyte** Flash memory
- **192-Kbyte** RAM
- Beépített **ST-LINK/V2** Debug port
- Virtuális Com port
- Tápellátás külső alkalmazásoknak: **3V és 5V**
- LIS302DL vagy LIS3DSH ST MEMS **3 tengelyes gyorsulásmérő**
- MP45DT02 MEMS **digitális mikrofon**
- CS43L22 **audio driver**
- **LED, nyomógomb**

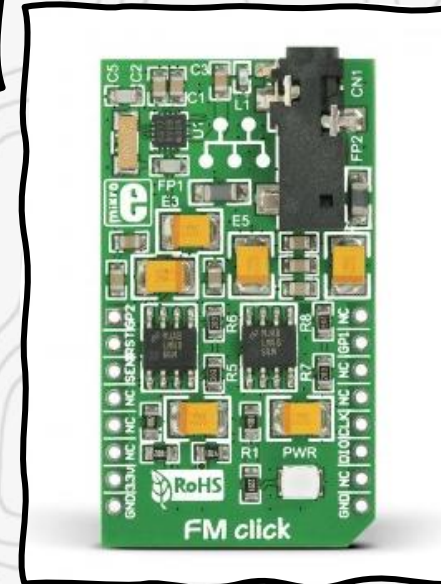
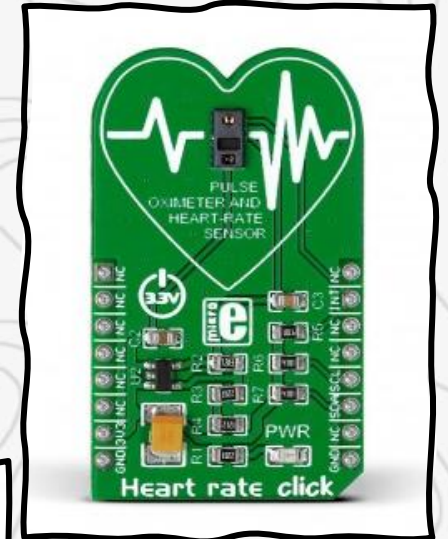
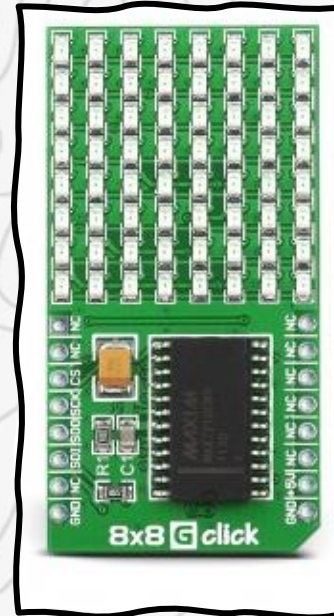
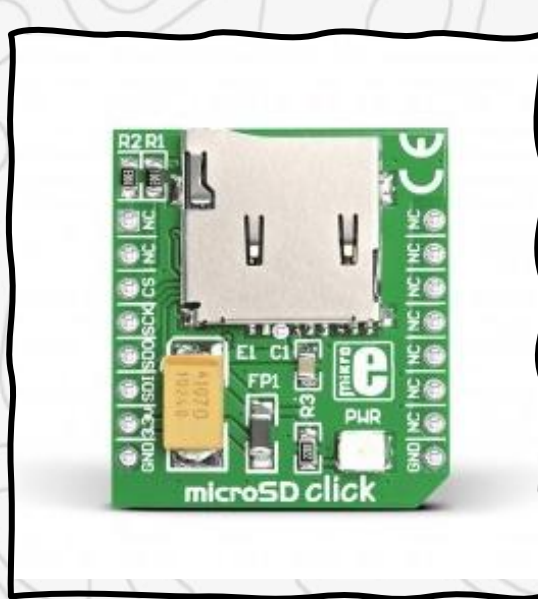
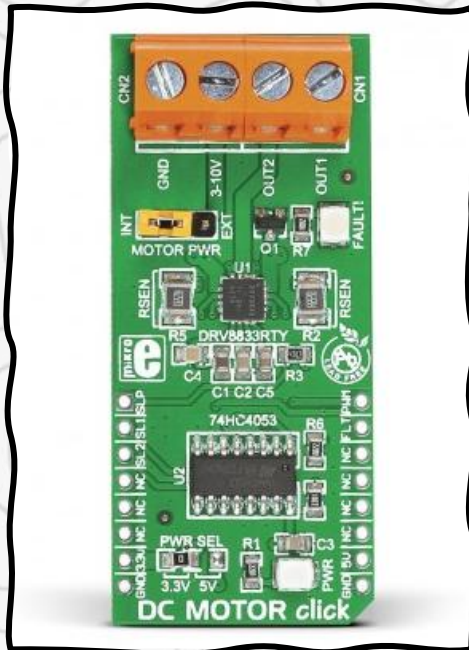
MIKROE - STM32F4 DISCOVERY SHIELD



- **Bővítőpanel** a Discovery board-hoz
- **mikroBUS** csatlakozók
- **USB-UART** modul
- **CAN** busz illesztő



MIKROE – MIKROBUS CLICK-EK



„Ha beérjük annyival, hogy elátkozzuk vagy dicsőítjük a technikát, akkor sohasem jutunk el lényegének a megragadásához.”

Martin Heidegger

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Zsupányi Krisztián

Bevezetés a mikrovezérlők világába – A hardver



ENDING ENDING ENDING ENDING E