

# ÉRZÉKELŐK ÉS BEAVATKOZÓK I. GY1. 32-BITES MIKROSZÁMÍTÓGÉPEK



**Dr. Soumelidis Alexandros**

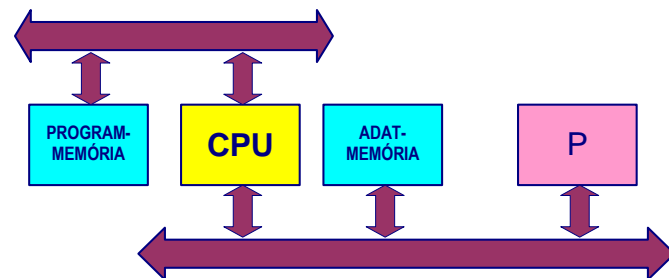
**2020.10.22.**



**BME KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR**  
**32708-2/2017/INTFIN SZÁMÚ EMMI ÁLTAL TÁMOGATOTT TANANYAG**

# Mivel foglalkozunk?

A beágyazott számítástechnika alkalmazása mechatronikai feladatok megoldására.



32-bites, korszerű architektúrájú, RISC mikrovezérlők (mikroszámítógépek) alkalmazása: ARM.

Miért ARM?

- Ma a legelterjedtebb mikroszámítógép architektúra.
- Minden jelentős félvezetőgyártó cég gyárt ARM alapú mikrovezérlőket - TI, NXP, Freescale, ST, Infineon, ...
- Ára összemérhető a 8-bites mikrovezérlők árával.
- Teljesítménye, képességei messze meghaladják a 8-bites mikrovezérlőkét.



# ARM® architektúrájú processzorok

ARM - Advanced RISC Machine



RISC - Reduced Instruction Set Computing

32 / 64 bites processzor architektúrák sorozata, amelyet a brit **ARM Holdings** cég fejleszt - 1983 óta.

Az egyes architektúrák licencét félvezető gyártó cégek megvásárolhatják, és beépíthetik termékeikbe (Intellectual Property - IP).

Ma a legelterjedtebb mikrovezérlő / mikroszámítógép architektúrák.

- Számptalan gyártó, pl. TI, NXP, ST, Samsung, Toshiba, NEC, Fijitsu, stb.
- 2017-ig ≈100 milliárd db ARM processzor készült



# ARM® architektúra

---

“Történelmi” architektúrák:

ARM1, ARM2, ARM3, ARM7, ARM 9, ARM11

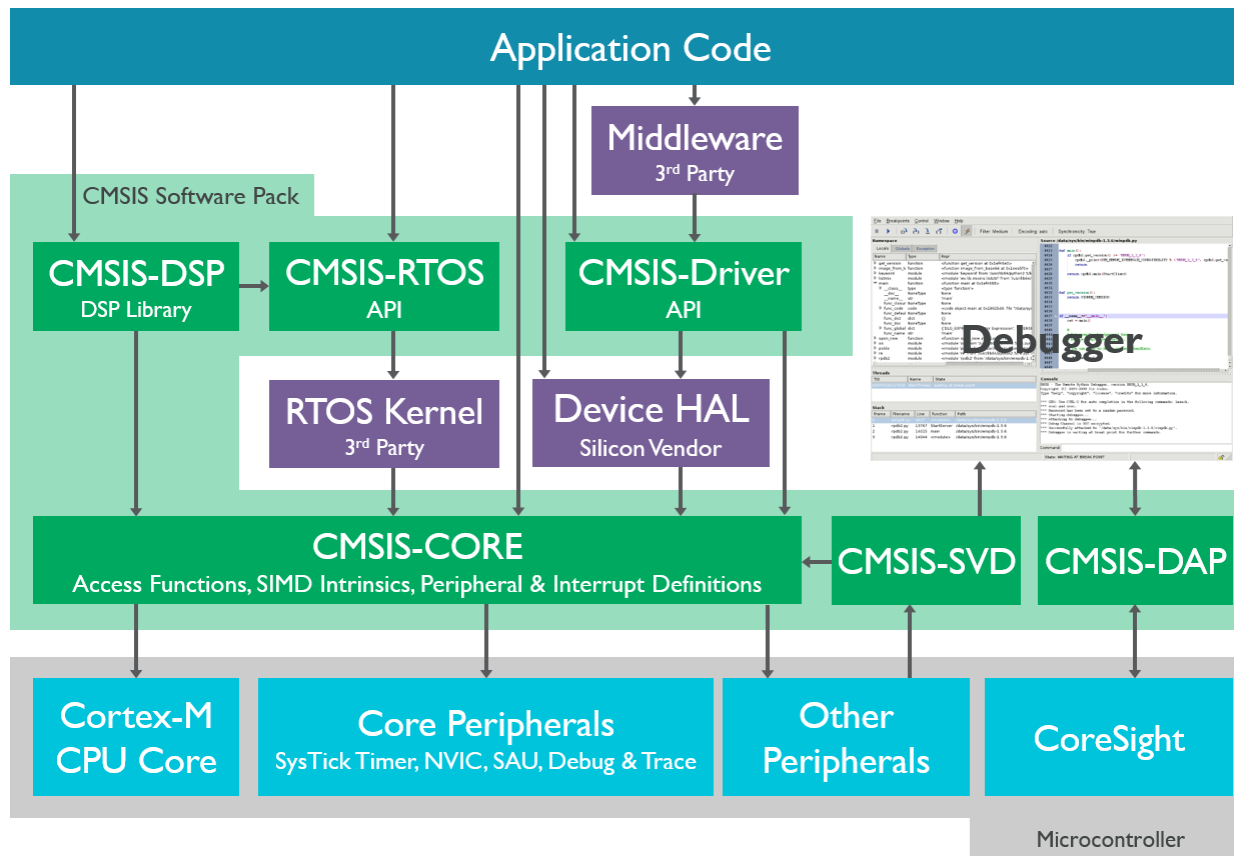
Ma: ARM® Cortex® cortex = kéreg (utalás az agykéregre)

- ARM Cortex-M: kis méret, kis fogyasztás
- ARM Cortex-R: gyors reagálás, kis válaszidő, “real-time” alkalmazásokhoz
- ARM Cortex A: nagy teljesítmény, operációs rendszerek kiszolgálására
- SecureCore: biztonsági alkalmazásokhoz



# ARM szoftver-fejlesztés

## Cortex Microcontroller System Interface Standard



<https://developer.arm.com/embedded/cmsis>



# CMSIS

---

## CMSIS komponensek:

- CMSIS-CORE: Consistent system startup and peripheral access.
- CMSIS-RTOS: Deterministic Real-Time Software Execution.
- CMSIS-DSP: Fast implementation of digital signal processing.
- CMSIS-Driver: Generic peripheral interfaces for middleware and application code.
- CMSIS-Pack: Easy access to reusable software components.
- CMSIS-SVD: Consistent view to device and peripherals - System View Description format.
- CMSIS-DAP: Connectivity to low-cost evaluation hardware - Debug Access Port.



# STM32 ARM® Cortex®

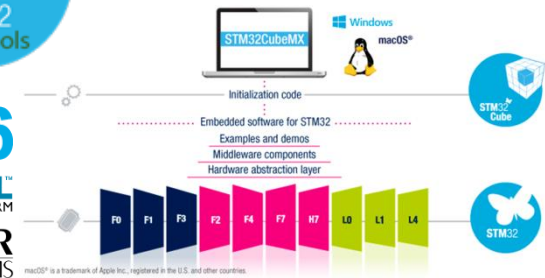
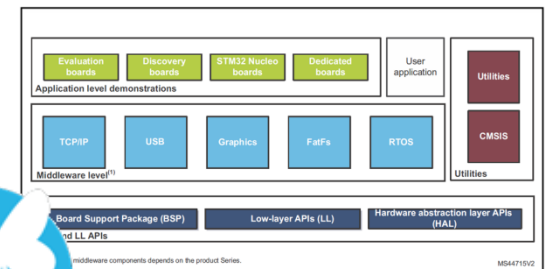
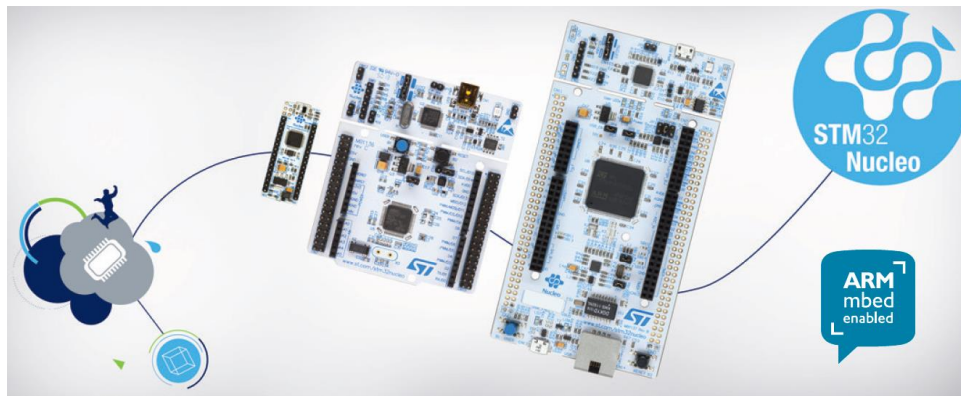
Az ST Microelectronics ARM Cortex mikrovezérlőivel foglalkozunk részletesebben.



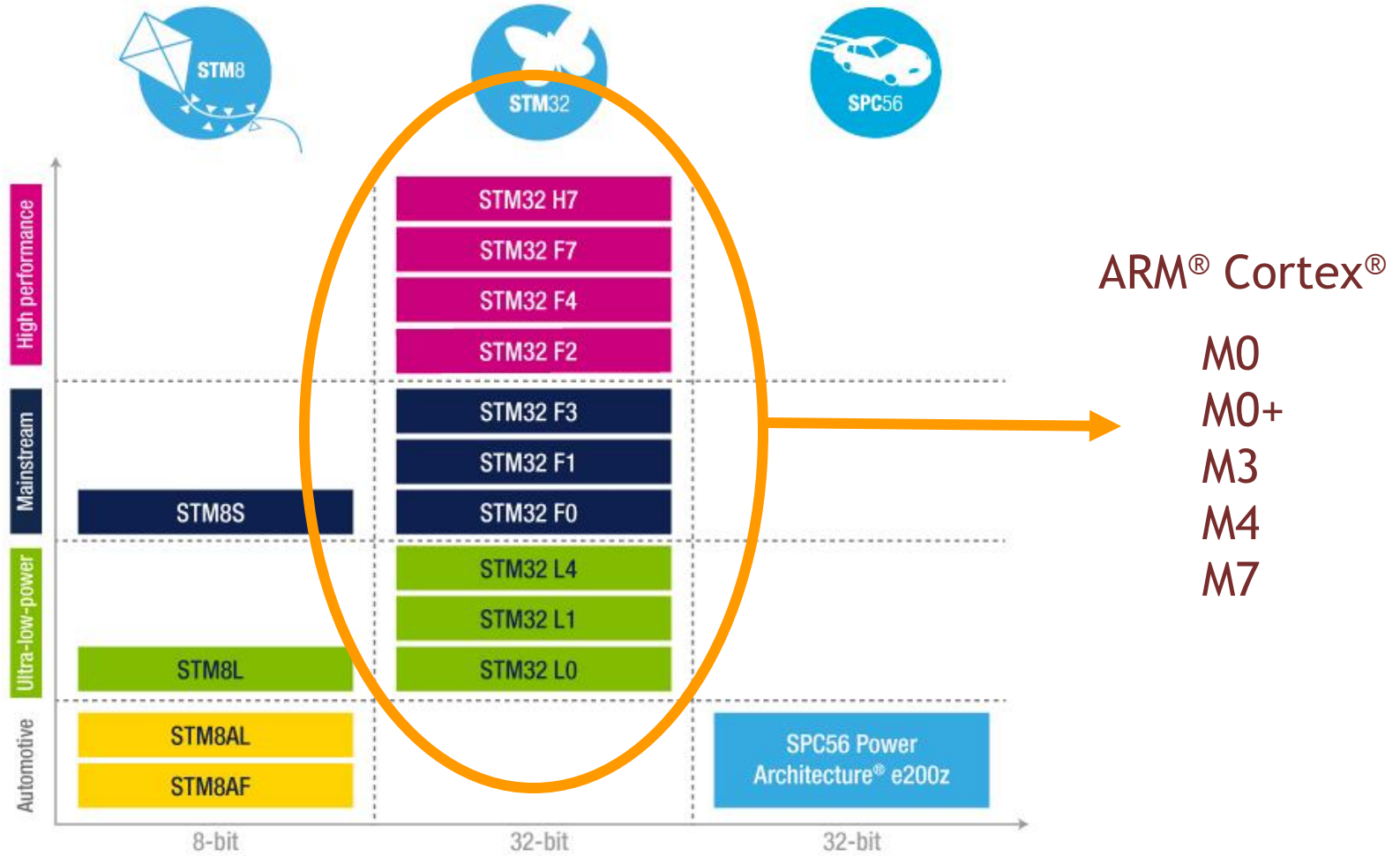
ST Microelectronics: Európai (francia-olasz alapítású) multinacionális cég, elektronika- és félvezető gyártó.

Miért ezt választottuk? (más előnyei mellett)

Bárki számára elérhető, jól használható HW/SW fejlesztő- és prototyping eszközök.



# STM32 ARM® Cortex®





# STM32 ARM® Cortex®

---

- F0 ARM® Cortex®-M0 - 48 MHz
- F1 ARM® Cortex®-M3 (DSP + FPU) - 72 MHz
- F2 ARM® Cortex®-M3 - 120 MHz
- F3 ARM® Cortex®-M4 (DSP + FPU) - 72 MHz
- F4 ARM® Cortex®-M4 (DSP + FPU) - max. 180 MHz
- F7 ARM® Cortex®-M7 (FPU) - 216 MHz
- H7 ARM® Cortex®-M7 (FPU64) - 400 MHz
  
- L0 ARM® Cortex®-M0+ low power - 32 MHz
- L1 ARM® Cortex®-M3 low power - 32 MHz
- L4 ARM® Cortex®-M4 (DSP + FPU) low power - 80 MHz

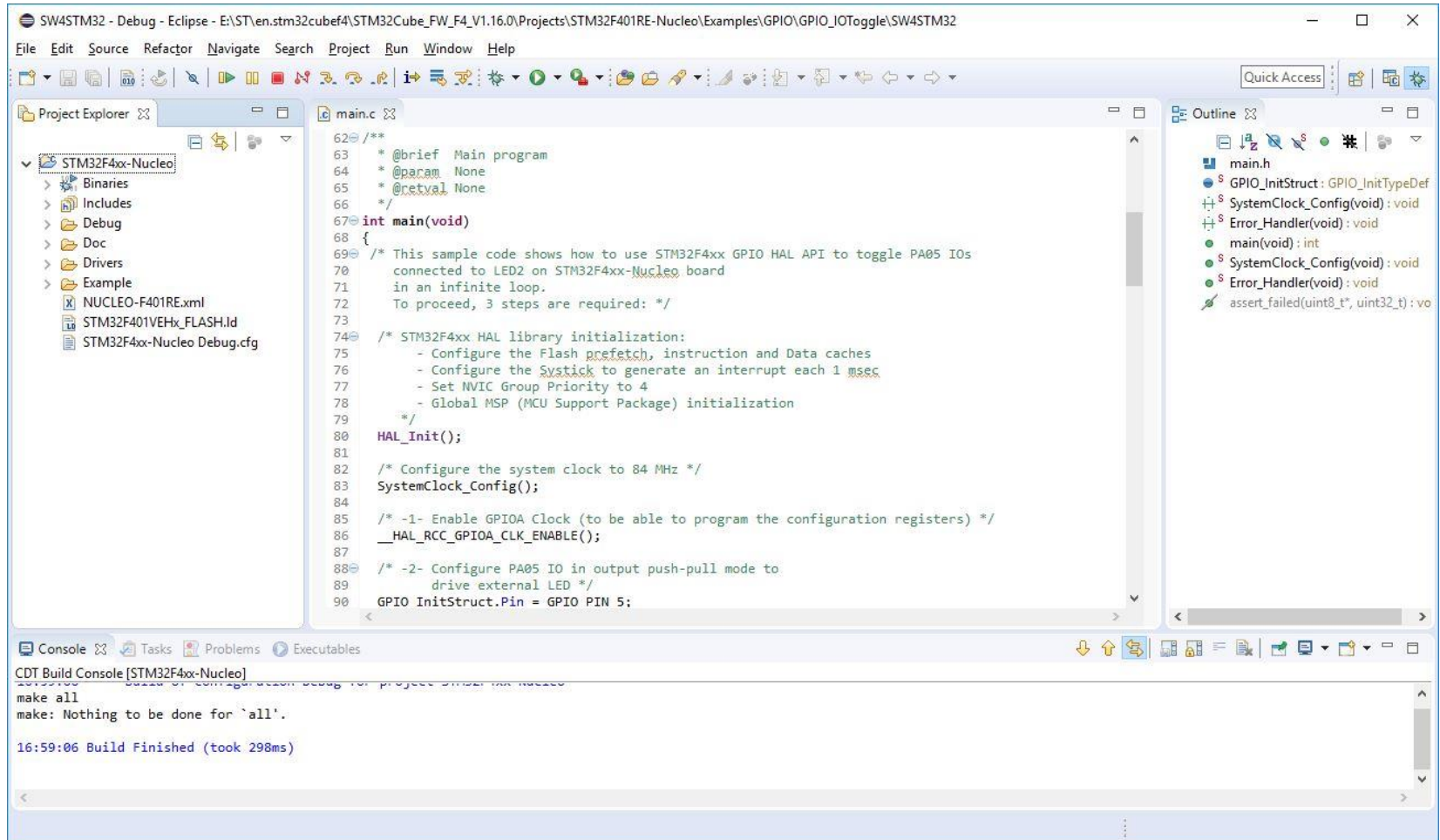
FPU - Floating Point Unit - lebegőpontos aritmetika

DSP - Digital Signal Processing - digitális jelfeldolgozási támogatás



# STM32 System Workbench

Ingyenes szoftver fejlesztési környezet, Eclipse alapú, C/C++ prog. nyelv



([www.openstm32.org](http://www.openstm32.org))



# STM32 System Workbench

Hogyan juthatunk hozzá?



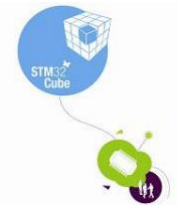
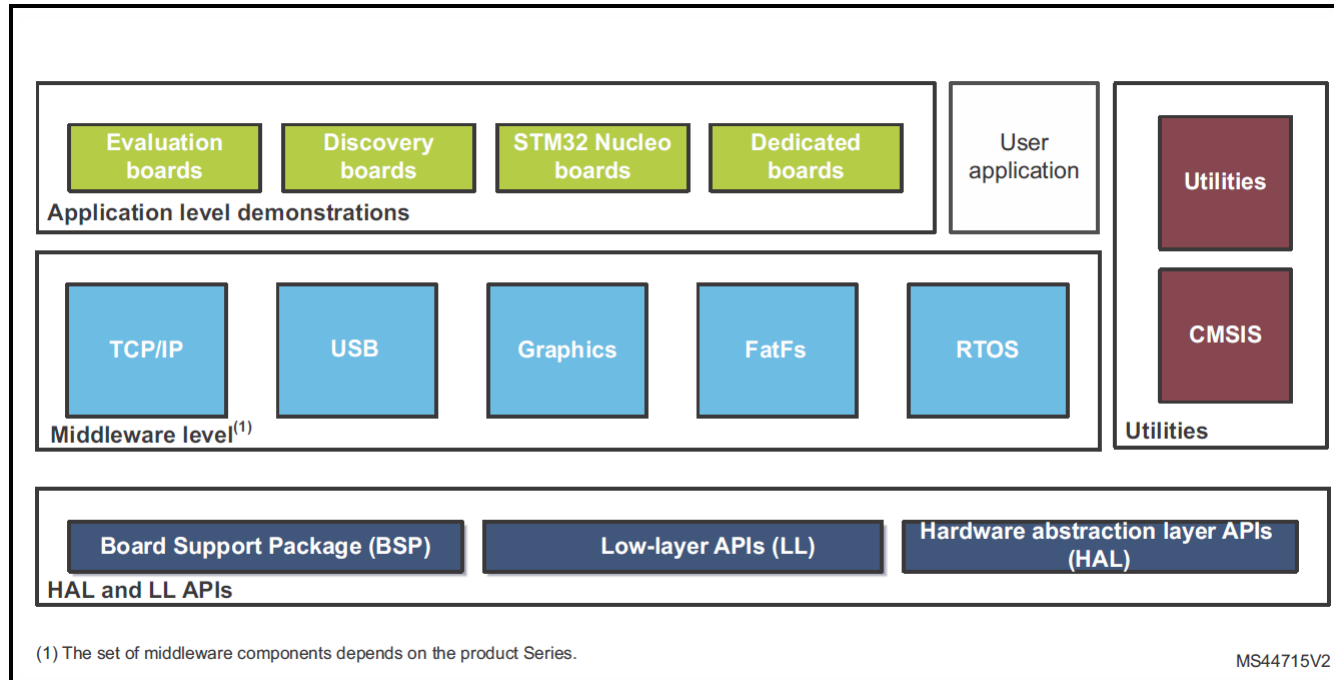
The screenshot shows the OpenSTM32 Community website. The main navigation bar includes links for Home, Wiki, Blogs, FAQs, Forums, Documentation, and Service. A search bar is located on the left. The main content area features an article about SW4STM32 and SW4Linux support for STM32MP1. A red arrow points to the 'System Workbench for STM32' link in the left-hand menu.

[www.openstm32.org](http://www.openstm32.org)

- Ingyenes regisztráció után letölthető Setup program
- Installálás tetszőleges számú gépre
- Automatikusan jelentkező update-ek



# STM32Cube



- HAL: Hardware Abstraction Layer - a hardware komponensek egységes kezelését megvalósító réteg
- LL: Low Layer APIs - alacsony szintű perifériakezelés egyes perifériákra
- Middleware components: RTOS, USB, TCP/IP, grafika



# STM32Cube

---

- Teljes ANSI-C konformitás
- MISRA-C 2004 konformitás (MISRA - Motor Industry Software Reliability Association)
- GammaTech CodeSonar statikus analízis eszközzel (SAST) ellenőrzött szoftver
- Eljárások, specifikus adatszerkezetek a teljes I/O és periféria-rendszer kezelésére
- Eljárás-könyvtárak, pl. digitális jelfeldolgozási (DSP) eljárások, grafikus eljárások (STemWin - ST, SEGGER)
- Open-source TCP/IP stack, FAT fájlrendszer
- USB Host és Device könyvtár (ST)
- Érintő-érzékelő kezelési eljárások
- FreeRTOS valós idejű operációs rendszer opcionális alkalmazása
- Példák, sablonok (template) a programírás megkönnyítésére



# STM32Cube

---

Hogyan juthatunk hozzá?

Letölthető a [www.stm.com](http://www.stm.com) weblapról minden ARM Cortex-M platformra (pl. F3, F4, stb.) - egyszeri ingyenes regisztráció szükséges hozzá.

De még egyszerűbb:

Az ST System Workbench-ben - Internet kapcsolat megléte esetén - automatikusan letöltődnek egy legenerált projekthez szükséges Cube állományok.

Az ST System Workbench-ben automatikusan jelentkező update útján juthatunk hozzá a legfrissebb kiadású Cube fájlokhoz.

Normál installáció esetén a Cube állományok az aktuális User könyvtárában az STM32Cube könyvtár alatti ,Repository'-ban találhatóak, pl.

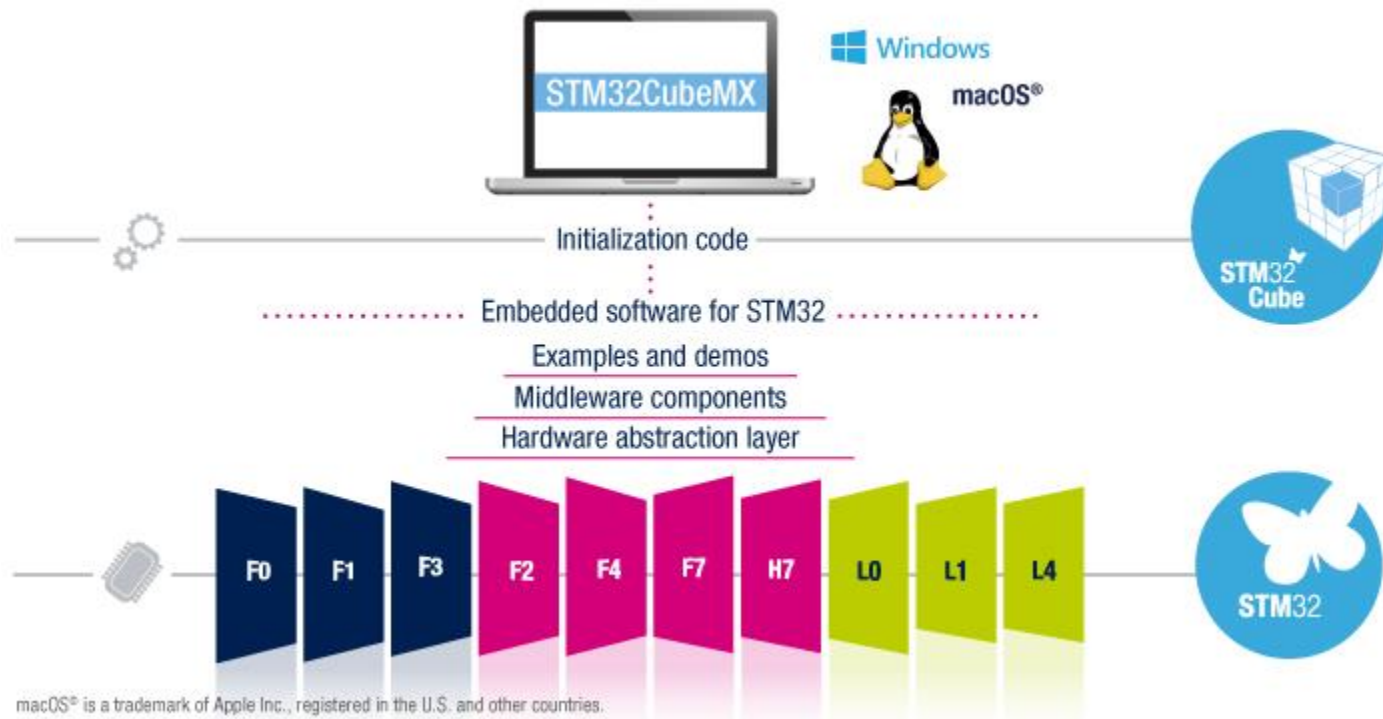
C:\Users\\STM32Cube\Repository\STM32Cube\_FW\_F4\_V1.24.2

Ebben a könyvtárban a ,Projects' alkönyvtárban találunk programozási példákat.



# STM32CubeMX

Konfigurációs és kódgeneráló program - ingyenes, letölthető a [www.st.com](http://www.st.com) weblapról.



# STM32CubeMX

---

## Megvalósítható funkciók:

- A kívánt mikrovezérlő platform és típus kiválasztása.
- Konfigurálás: a mikrovezérlő kimeneti-bemeneti lábai (pin) funkcióinak beállítása (Output, Input External Interrupt, Peripheral).
- A használni kívánt perifériák kiválasztása, ki- és bemenetekhez rendelése, paramétereik beállítása.
- Az órajel előállítás sémájának konfigurálása, órajel-források, frekvenciák beállítása.
- Kódgenerálás: egy projekt előállítása, amely tartalmaz minden olyan komponenst, amely a konfigurációnak megfelelő program futásához szükséges.





# STM32CubeMX

The screenshot displays the STM32CubeMX software interface for configuring the pinout of an STM32F401REx LQFP64 microcontroller. The main window shows the 'Pinout & Configuration' view, with a central diagram of the microcontroller and its pins. The pins are color-coded: green for digital I/O, yellow for power, and blue for analog. The diagram is surrounded by labels for various pins and their functions.

**Pinout Labels:**

- Top: VDD, VSS, PB9, PB8, B00, PB7, PB6, PB5, PB4, PB3, PD2, PC12, PC11, PC10, PA15, PA14, SWCLK
- Right: VDD, VSS, PA13, SWDIO, PA12, PA11, PA10, PA9, PA8, PC9, PC8, PC7, PC6, PB15, PB14, PB13, PB12
- Bottom: VCP\_RX, VSS, VDD, PA4, PA5, PA6, PA7, PC4, PC5, PB0, PB1, PB2, PB10, VCA, VSS, VDD
- Left: VBAT, BLUE\_SW, RCC\_OSC32\_IN, RCC\_OSC32\_OUT, RCC\_OSC\_IN, RCC\_OSC\_OUT, NRST, PC0, PC1, PC2, PC3, VSS, VREF, PA0, PA1, VCP\_TX, PA2

**Microcontroller Details:**

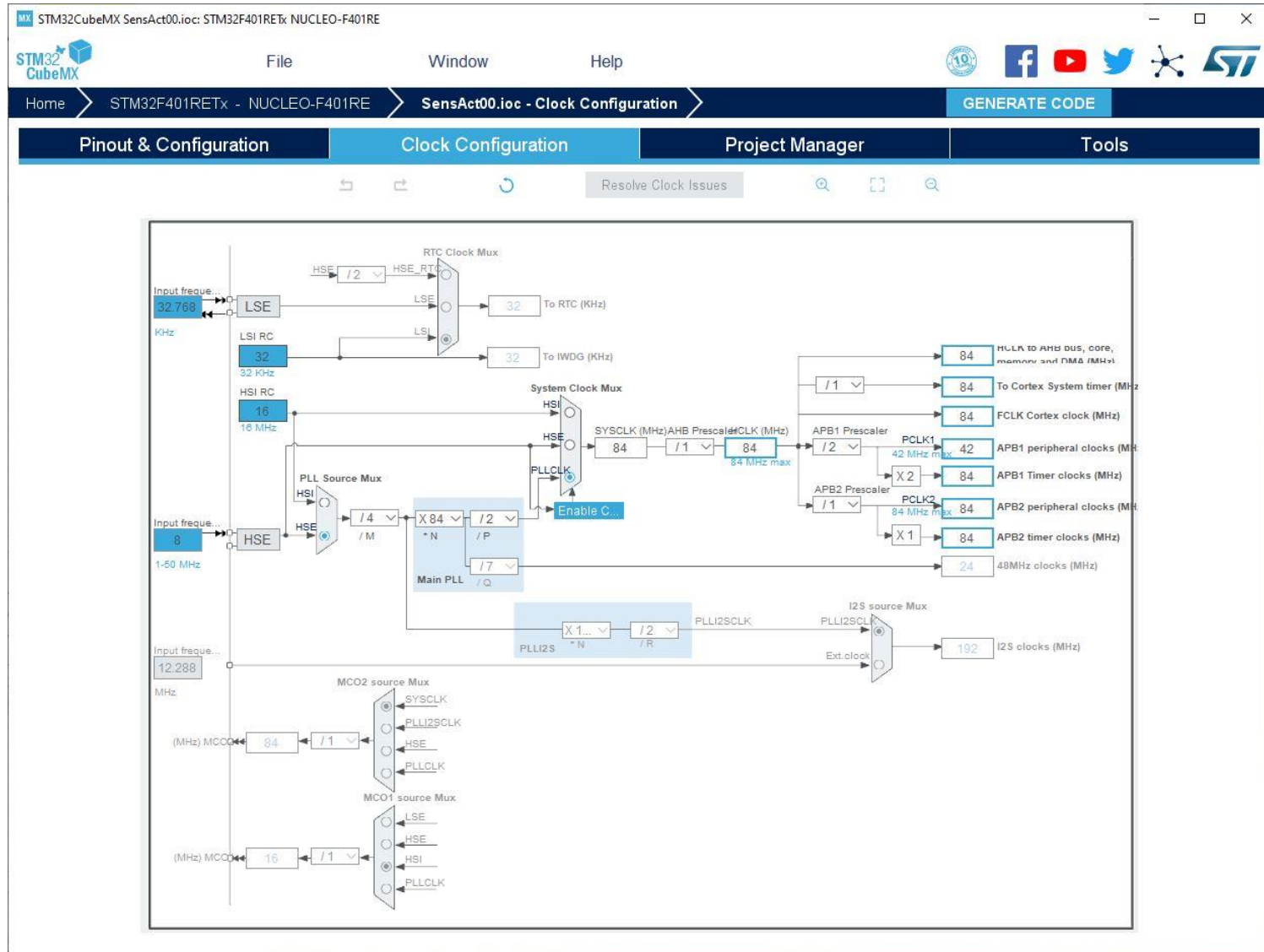
- Model: STM32F401REx
- Package: LQFP64

**Software Interface Elements:**

- Menu: File, Window, Help
- Breadcrumb: Home > STM32F401REx - NUCLEO-F401RE > SensAct00.ioc - Pinout & Configuration > GENERATE CODE
- Navigation: Pinout & Configuration, Clock Configuration, Project Manager, Tools
- View: Pinout view (selected), System view
- Categories: System Core, Analog, Timers, Connectivity, Multimedia, Computing, Middleware



# STM32CubeMX



# STM32CubeMX

The screenshot displays the STM32CubeMX interface for configuring the USART2 peripheral on an STM32F401RETx microcontroller. The main window is titled "SensAct00.ioc - Pinout & Configuration".

**USART2 Mode and Configuration:**

- Mode: Asynchronous
- Hardware Flow Control (RS232): Disable

**Configuration Section:**

- Reset Configuration
- Parameter Settings (Selected)
- User Constants

**Configure the below parameters:**

- Basic Parameters:**
  - Baud Rate: 115200 Bits/s
  - Word Length: 8 Bits (including Parity)
  - Parity: None
  - Stop Bits: 1
- Advanced Parameters:**
  - Data Direction: Receive and Transmit
  - Over Sampling: 16 Samples

**Pinout View:**

The pinout view shows the STM32F401RETx LQFP64 package with various pins labeled. The USART2 pins are highlighted in green:

- PA2: VCP\_TX
- PA3: VCP\_RX
- PA6: GREEN\_LED
- PA13: SWDIO
- PA14: SWCLK

Other labeled pins include VBAT, VDD, VSS, VREF, NRST, PC0-PC15, PB0-PB7, and PA0-PA15.



# STM32CubeMX

---

Hogyan juthatunk hozzá?

<https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html>

„Licence Agreement” elfogadásával vagy előzőleg véghezvitt regisztrációval ingyenesen letölthető.

Az STM32CubeMX egy Java alapú program, futtatásához szükség van egy Java futtató környezetre.

Letölthető a <https://www.java.com/en/> lapról.

Alternatíva (új):

Az ST cég nagyon ajánlja a STM32CubeIDE alkalmazását, amely egyben tartalmazza a programfejlesztési környezetet és a konfiguráló programot (Integrated Development Environment).

(A jelen kurzusban - tapasztalatok hiányában - nem ezt vesszük alapul)



# STM32 alapú rendszerfejlesztés

---

Programfejlesztés: ST System Workbench és STM32CubeMX felhasználásával.

1. lépés: Konfigurálás STM32CubeMX-szel, eredményeként előáll egy „üres” fejlesztési projekt.
2. lépés: Az ST System Workbench editorával kiegészítjük a legenerált kezdeti kódot (main.c, main.h állományok), hozzáadunk új forrásnyelvi fájlokat, stb.
3. lépés: lefordítjuk a forrásnyelvi fájlokat és letöltésre alkalmas bináris formát állítunk elő (Build funkció).
4. lépés: megfelelő eszközzel letöltjük a bináris kódot a hardver eszközre.

További lépések: programfuttatás, hibakeresés, a kód módosítása, ismételt futtatás, stb.



# STM32 alapú rendszerfejlesztés

Programletöltés, ellenőrzött programfuttatás, hibakeresés, hibajavítás: valamilyen Debugger eszközzel:

Az STM32 rendszerben az erre alkalmas standard eszköz az ST-LINK.



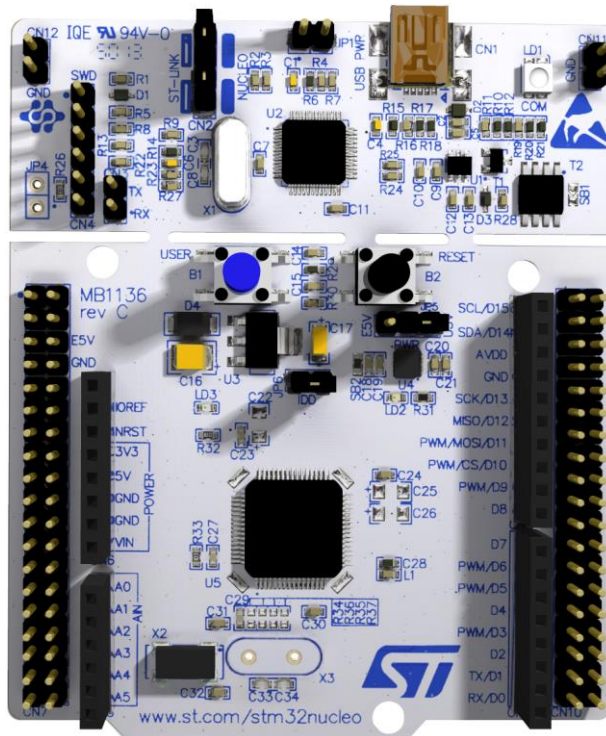
USB interfésszel kapcsolódik a programfejlesztési környezetet tartalmazó PC-hez.

Az USB kommunikáció driver-ei részét képezik az ST System Workbenchnek.



# STM32 alapú rendszerfejlesztés

Nem szükséges minden esetben ST-LINK debugger-t venni. Számos kísérleti panel (Evaluation board) integráltan tartalmazza:



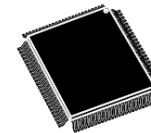
Integrált ST-LINK debugger

Magában foglal továbbá egy USB soros profilt megvalósító virtuális kommunikációs vonalat (Virtual COM Port - VCP), amellyel könnyen létesíthetünk információkapcsolatot egy PC-vel.

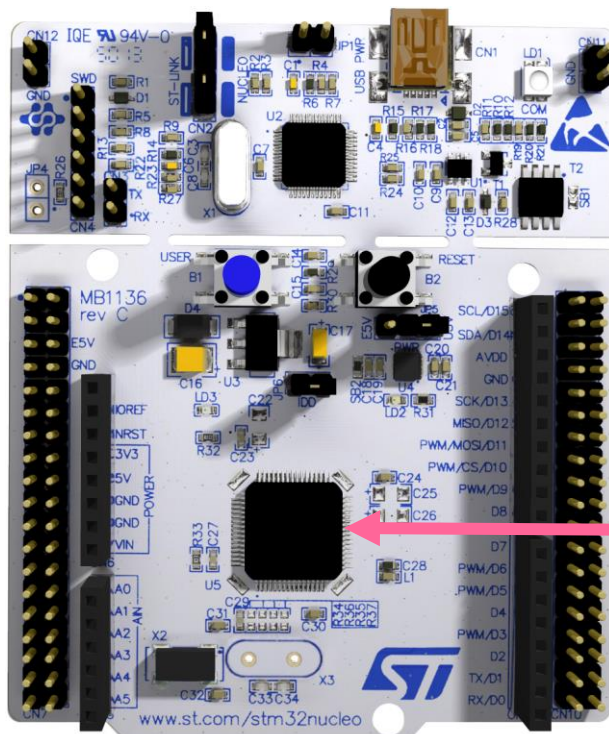


# STM32 ARM® Cortex® M4

Példaként az STM32F401xE  
processzort tanulmányozzuk  
- több változatban kapható



WLCSP49 (3.06 x 3.06 mm) LQFP100 (14 x 14 mm) LQFP64 (10 x 10 mm) UFQFPN48 (7 x 7 mm) UFPGA100 (7 x 7 mm)



Nucleo-64 panel  
STM32F401RE  
processzorral

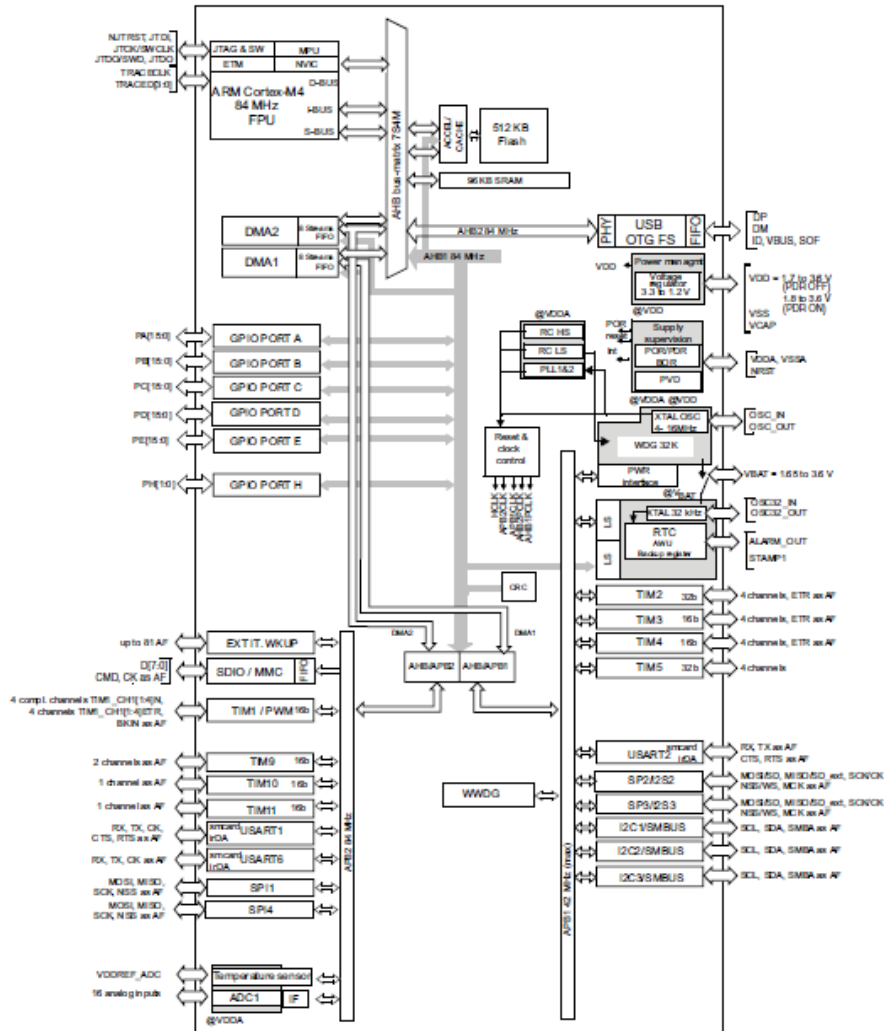
LQFP64 tokozás  
84 MHz órajel  
512 kB flash, 96 kB RAM  
FPU + DSP  
6 16-bites Timer  
2 32-bites Timer  
16 12-bites ADC  
50 I/O vonal  
3 I<sup>2</sup>C, 3 SPI, 2 I<sup>2</sup>S  
1 OTG FS USB  
3 USART  
1 SDIO interfész





# STM32 ARM® Cortex® M4

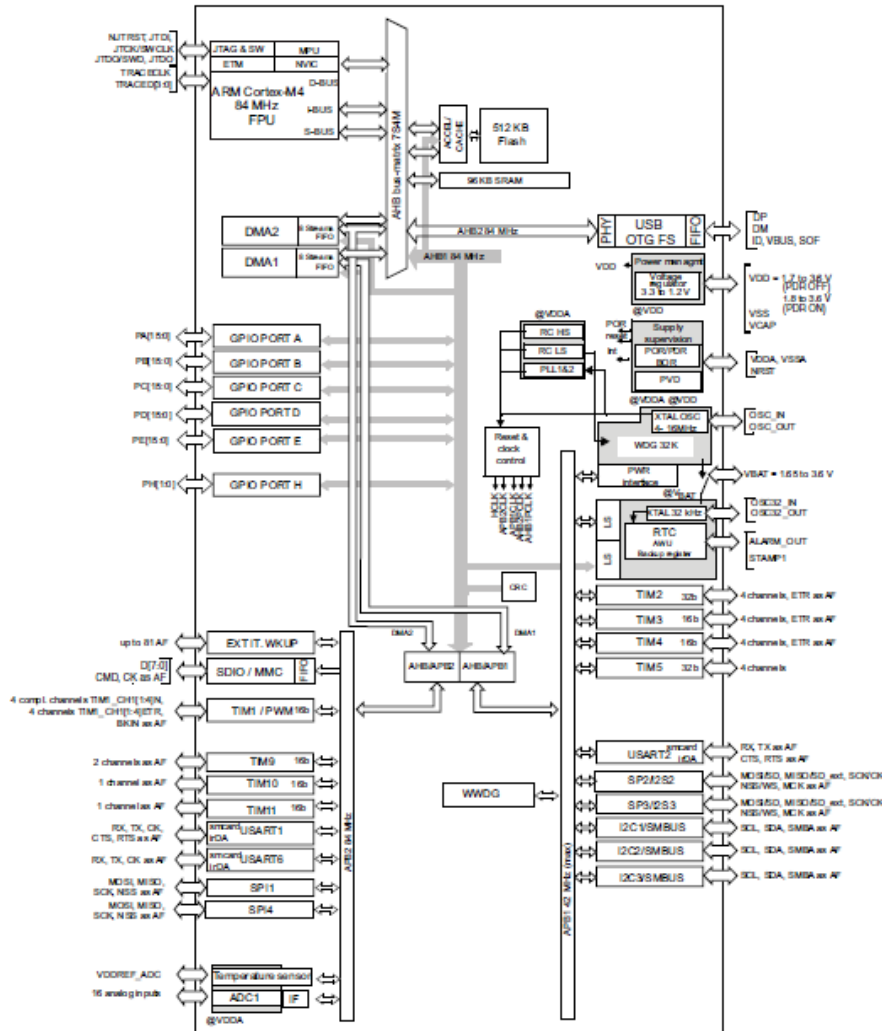
## STM32F401xE



FPU	Floating Point Unit
JTAG	Joint Test Action Group
SW	Serial Wire
ETM	Embedded Trace Macrocell™
MPU	Memory Protection Unit
NVIC	Nested Vectored Interrupt Controller
AHB	Advanced High-Performance Bus
APB	Advanced Peripheral Bus
DMA	Direct Memory Access
FIFO	First-In-First-Out
RCC	Reset & Clock Controller
PLL	Phase-Locked Loop (fáziszárt hurok)
RTC	Real-Time Clock
WDG	Watchdog
PWR	Power controller
POR	Power-On Reset
PDR	Power-Down Reset
BOR	Brownout Reset
PVD	Programmable Voltage Detector
CRC	Cyclic Redundancy Check

# STM32 ARM® Cortex® M4

## STM32F401xE



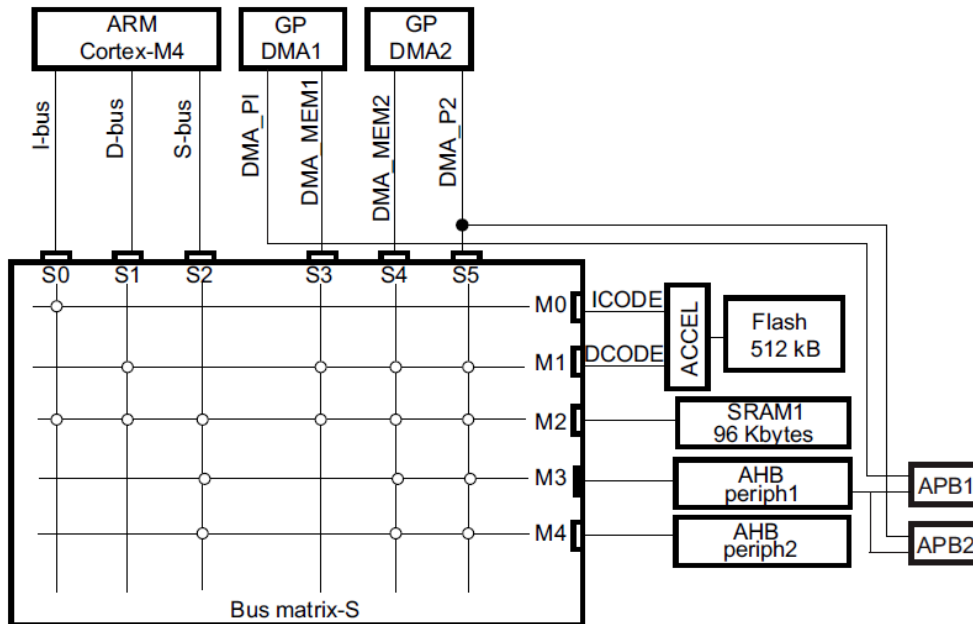
GPIO	General Purpose Input/Output
TIM	Timer
SPI	Serial Peripheral interface
USB	Universal Serial Bus
OTG	On-The-Go*
FS	Universal synchronous/asynchronous receiver/transmitter
SDIO	Secure Digital input/output interface
ADC	Analog-to-digital converter
USB	Universal Serial Bus
OTG	On-The-Go
FS	Full Speed
PHY	Physical layer

\* USB OTG periféria: HOST/DEVICE szerepet működés közben (on the fly) képes váltani



# STM32 ARM® Cortex® M4

## Busz-mátrix

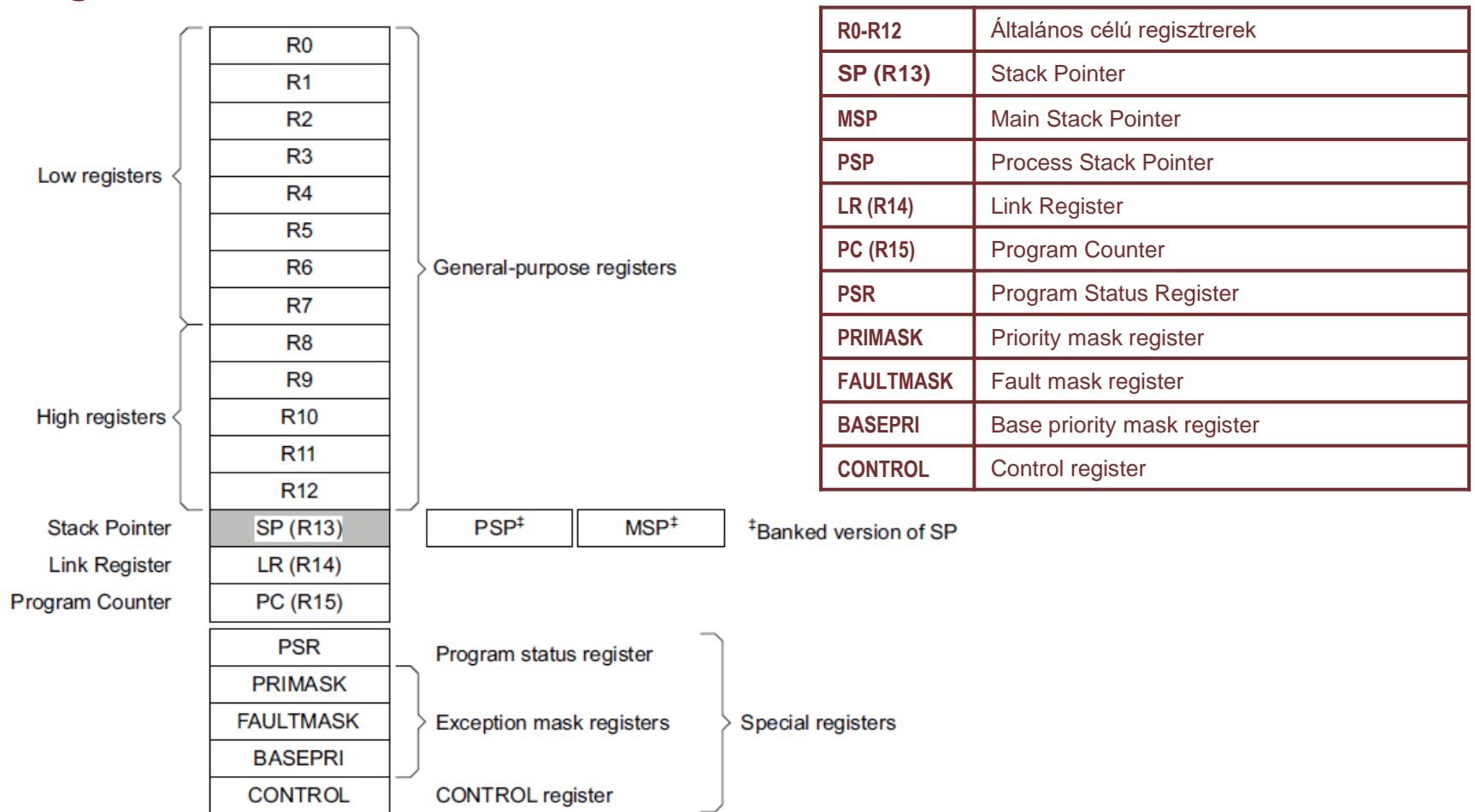


- I-bus: instruction bus
- D-bus: data bus
- S-bus: system bus
- DMA\_P: DMA peripheral bus
- DMA\_MEM: DMA memory bus
- AHB: Advanced High-Performance Bus
- APB: Advanced Peripheral Bus



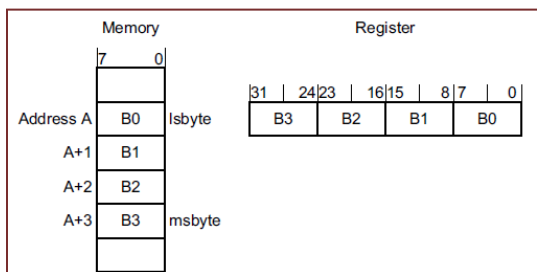
# STM32 ARM® Cortex® M4

## Regiszterek



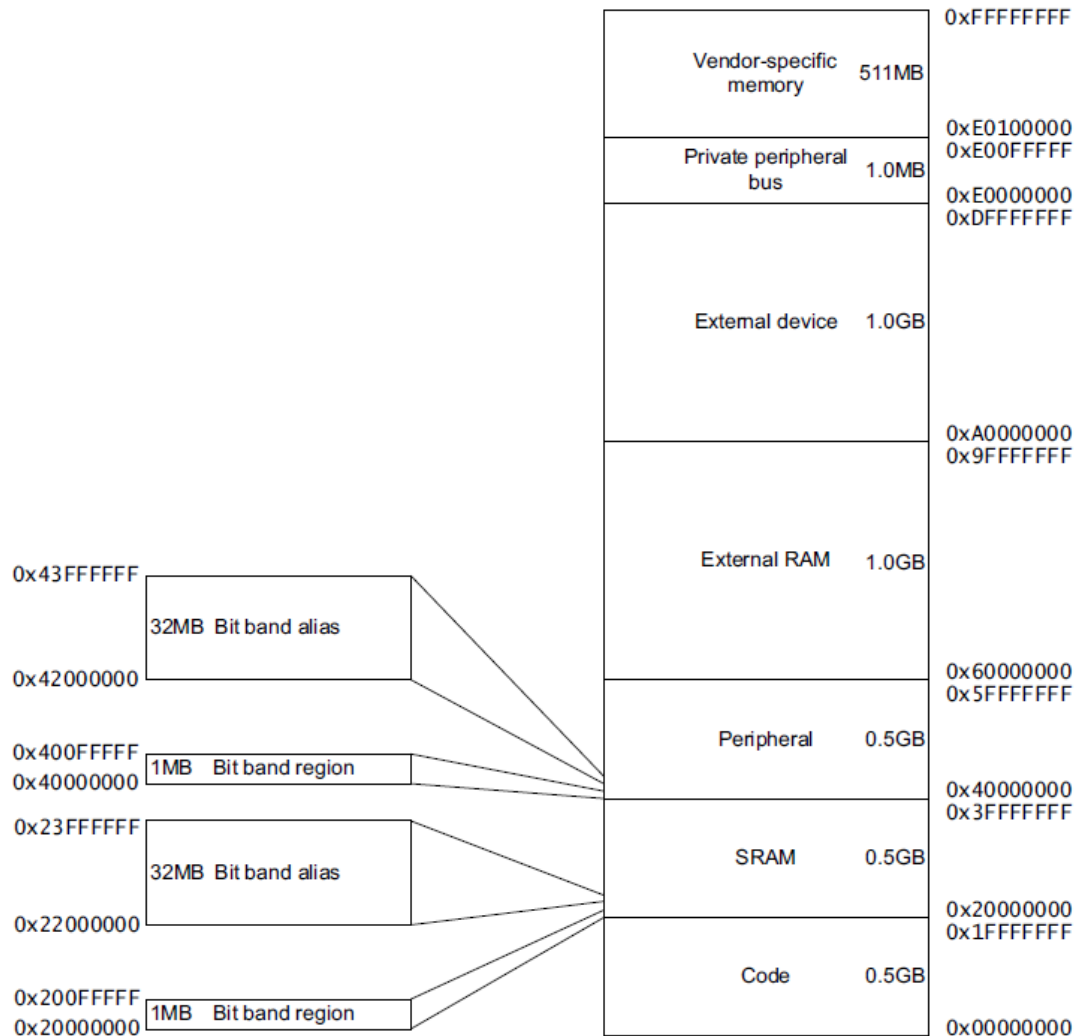
# STM32 ARM® Cortex® M4

## Memória térkép



„Little-endian”  
formátum:

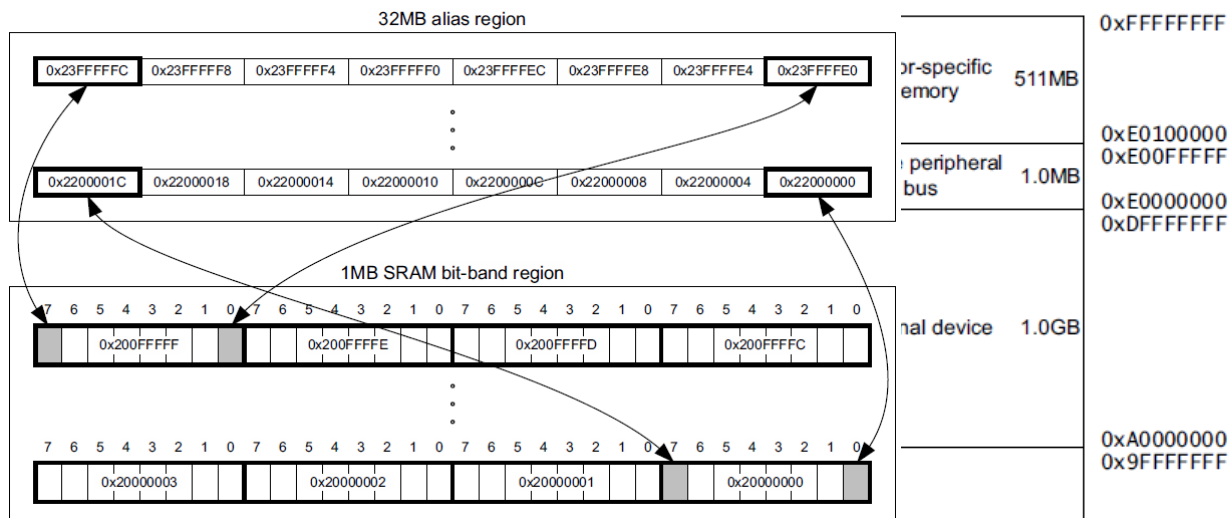
Az alacsonyabb  
helyiértékű byte-ok  
helyezkednek el  
kisebb címeken



# STM32 ARM® Cortex® M4

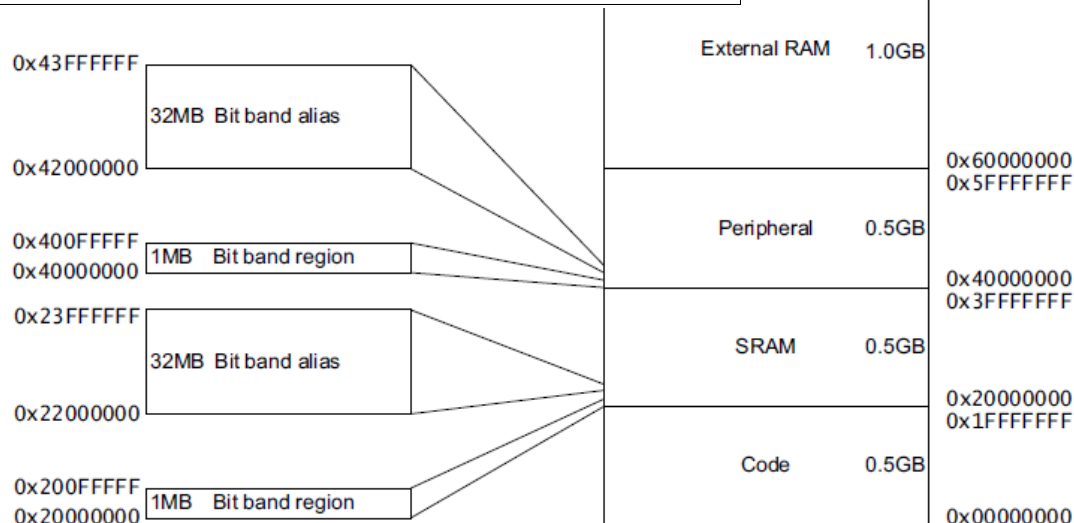
## “Bit band”

A periféria regiszterek minden egyes bitjének teljes (32-bites) szóra leképezése:



A címtartomány két 1 MB-os területének leképezése egy-egy 32 MB-os RAM területre -

Minden egyes bit függetlenül a többitől állítható, nincs szükség Read-Modify-Write műveletkombinációra.



# STM32 ARM® Cortex® M4

## Periféria elérés:

memóriába ágyazott

Minden perifériához tartozik egy memória-terület, amely tartalmazza a periféria regisztereit.

## Periféria regiszterek:

- Parancs (command)
- Állapot (status)
- Adat (data)

Boundary address	Peripheral	Bus
0x5000 0000 - 0x5003 FFFF	USB OTG FS	AHB2
0x4002 6400 - 0x4002 67FF	DMA2	AHB1
0x4002 6000 - 0x4002 63FF	DMA1	
0x4002 3C00 - 0x4002 3FFF	Flash interface register	
0x4002 3800 - 0x4002 3BFF	RCC	
0x4002 3000 - 0x4002 33FF	CRC	
0x4002 1C00 - 0x4002 1FFF	GPIOH	
0x4002 1000 - 0x4002 13FF	GPIOE	
0x4002 0C00 - 0x4002 0FFF	GIOD	
0x4002 0800 - 0x4002 0BFF	GPIOC	
0x4002 0400 - 0x4002 07FF	GPIOB	
0x4002 0000 - 0x4002 03FF	GPIOA	

## Funkciók:

- Alaphelyzetbe állítás
- Működési módok
- Szinkronizáció
- Adat írás / olvasás

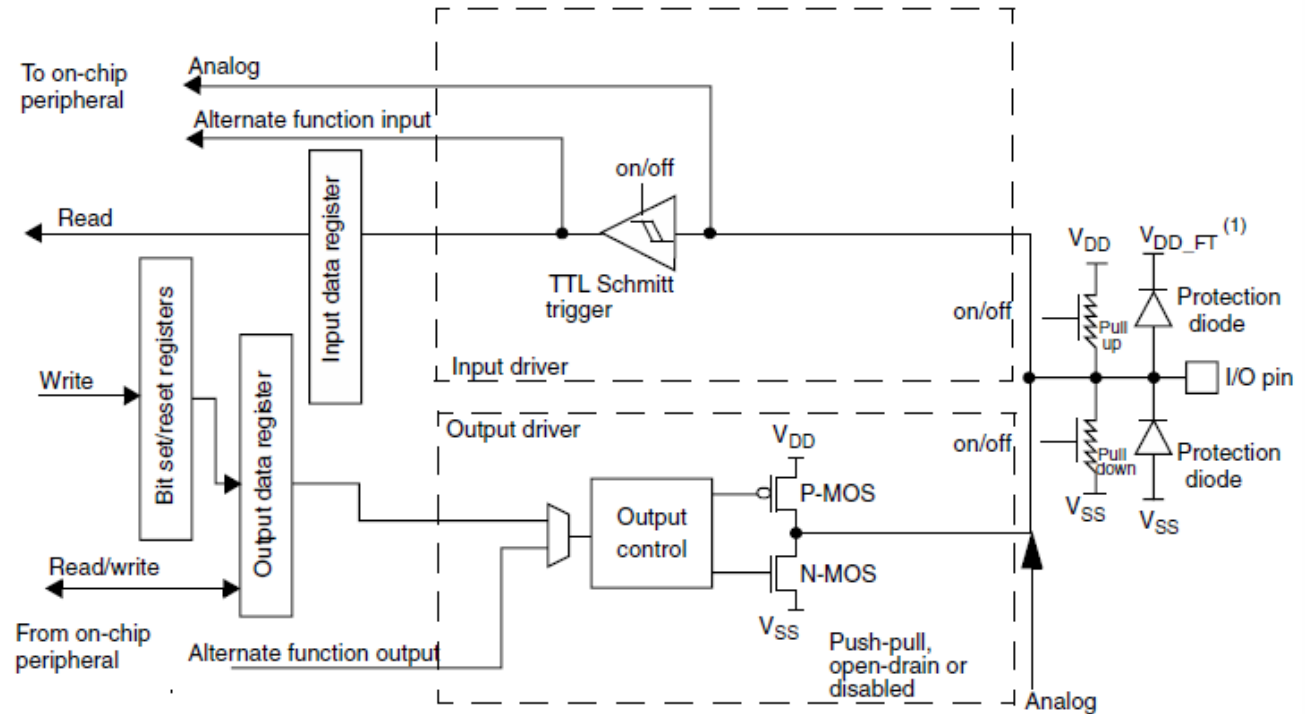
Boundary address	Peripheral	Bus
0x4001 4800 - 0x4001 4BFF	TIM11	APB2
0x4001 4400 - 0x4001 47FF	TIM10	
0x4001 4000 - 0x4001 43FF	TIM9	
0x4001 3C00 - 0x4001 3FFF	EXTI	
0x4001 3800 - 0x4001 3BFF	SYSCFG	
0x4001 3400 - 0x4001 37FF	SPI4	
0x4001 3000 - 0x4001 33FF	SPI1	
0x4001 2C00 - 0x4001 2FFF	SDIO	
0x4001 2000 - 0x4001 23FF	ADC1	
0x4001 1400 - 0x4001 17FF	USART6	
0x4001 1000 - 0x4001 13FF	USART1	
0x4001 0000 - 0x4001 03FF	TIM1	
0x4000 7000 - 0x4000 73FF	PWR	APB1
0x4000 5C00 - 0x4000 5FFF	I2C3	
0x4000 5800 - 0x4000 5BFF	I2C2	
0x4000 5400 - 0x4000 57FF	I2C1	
0x4000 4400 - 0x4000 47FF	USART2	
0x4000 4000 - 0x4000 43FF	I2S3ext	
0x4000 3C00 - 0x4000 3FFF	SPI3 / I2S3	
0x4000 3800 - 0x4000 3BFF	SPI2 / I2S2	
0x4000 3400 - 0x4000 37FF	I2S2ext	
0x4000 3000 - 0x4000 33FF	IWDG	
0x4000 2C00 - 0x4000 2FFF	WWDG	
0x4000 2800 - 0x4000 2BFF	RTC & BKP Registers	
0x4000 0C00 - 0x4000 0FFF	TIM5	
0x4000 0800 - 0x4000 0BFF	TIM4	
0x4000 0400 - 0x4000 07FF	TIM3	
0x4000 0000 - 0x4000 03FF	TIM2	



# STM32 ARM® Cortex® M4

## GPIO

- Input
- Output
- Analog Input / Output
- Alternate function



- Low speed
- Medium speed
- Fast speed
- High speed

- PP – push-pull
- OD – open-drain
- Disabled

- PU – pull up
- PD – pull-down
- ST – Schmitt-triggered





# STM32 ARM® Cortex® M4

A GPIO port-okhoz tartozó regiszterek 0x4002 címtől:

Offset	Register	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0				
		GPIOA MODER		GPIOB MODER		GPIOx_MODER (where x = C..E and H)		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value		Reset value					
0x00	GPIOA MODER	MODER15[1:0]	MODER14[1:0]	MODER13[1:0]	MODER12[1:0]	MODER11[1:0]	MODER10[1:0]	MODER9[1:0]	MODER8[1:0]	MODER7[1:0]	MODER6[1:0]	MODER5[1:0]	MODER4[1:0]	MODER3[1:0]	MODER2[1:0]	MODER1[1:0]	MODER0[1:0]	0 0		0 0		1 1		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0	
	Reset value	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0x00	GPIOB MODER	MODER15[1:0]	MODER14[1:0]	MODER13[1:0]	MODER12[1:0]	MODER11[1:0]	MODER10[1:0]	MODER9[1:0]	MODER8[1:0]	MODER7[1:0]	MODER6[1:0]	MODER5[1:0]	MODER4[1:0]	MODER3[1:0]	MODER2[1:0]	MODER1[1:0]	MODER0[1:0]	0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0	
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
0x00	GPIOx_MODER (where x = C..E and H)	MODER15[1:0]	MODER14[1:0]	MODER13[1:0]	MODER12[1:0]	MODER11[1:0]	MODER10[1:0]	MODER9[1:0]	MODER8[1:0]	MODER7[1:0]	MODER6[1:0]	MODER5[1:0]	MODER4[1:0]	MODER3[1:0]	MODER2[1:0]	MODER1[1:0]	MODER0[1:0]	0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0		0 0	
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

GPIO port

mode register



# STM32 ARM® Cortex® M4

Offset	Register	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
0x04	GPIOx_OTYPER (where x = A..E and H)	Reserved																OT15	OT14	OT13	OT12	OT11	OT10	OT9	OT8	OT7	OT6	OT5	OT4	OT3	OT2	OT1	OT0			
	Reset value																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x08	GPIOx_OSPEEDR (where x = C..E and H)	OSPEEDR15[1:0]	OSPEEDR14[1:0]	OSPEEDR13[1:0]	OSPEEDR12[1:0]	OSPEEDR11[1:0]	OSPEEDR10[1:0]	OSPEEDR9[1:0]	OSPEEDR8[1:0]	OSPEEDR7[1:0]	OSPEEDR6[1:0]	OSPEEDR5[1:0]	OSPEEDR4[1:0]	OSPEEDR3[1:0]	OSPEEDR2[1:0]	OSPEEDR1[1:0]	OSPEEDR0[1:0]																			
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0x08	GPIOA_OSPEEDR	OSPEEDR15[1:0]	OSPEEDR14[1:0]	OSPEEDR13[1:0]	OSPEEDR12[1:0]	OSPEEDR11[1:0]	OSPEEDR10[1:0]	OSPEEDR9[1:0]	OSPEEDR8[1:0]	OSPEEDR7[1:0]	OSPEEDR6[1:0]	OSPEEDR5[1:0]	OSPEEDR4[1:0]	OSPEEDR3[1:0]	OSPEEDR2[1:0]	OSPEEDR1[1:0]	OSPEEDR0[1:0]																			
	Reset value	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
0x08	GPIOB_OSPEEDR	OSPEEDR15[1:0]	OSPEEDR14[1:0]	OSPEEDR13[1:0]	OSPEEDR12[1:0]	OSPEEDR11[1:0]	OSPEEDR10[1:0]	OSPEEDR9[1:0]	OSPEEDR8[1:0]	OSPEEDR7[1:0]	OSPEEDR6[1:0]	OSPEEDR5[1:0]	OSPEEDR4[1:0]	OSPEEDR3[1:0]	OSPEEDR2[1:0]	OSPEEDR1[1:0]	OSPEEDR0[1:0]																			
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0		

GPIO port  
output type register

output speed register



# STM32 ARM® Cortex® M4

Offset	Register	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x0C	GPIOA_PUPDR	PUPDR15[1:0]		PUPDR14[1:0]		PUPDR13[1:0]		PUPDR12[1:0]		PUPDR11[1:0]		PUPDR10[1:0]		PUPDR9[1:0]		PUPDR8[1:0]		PUPDR7[1:0]		PUPDR6[1:0]		PUPDR5[1:0]		PUPDR4[1:0]		PUPDR3[1:0]		PUPDR2[1:0]		PUPDR1[1:0]		PUPDR0[1:0]	
	Reset value	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x0C	GPIOB_PUPDR	PUPDR15[1:0]		PUPDR14[1:0]		PUPDR13[1:0]		PUPDR12[1:0]		PUPDR11[1:0]		PUPDR10[1:0]		PUPDR9[1:0]		PUPDR8[1:0]		PUPDR7[1:0]		PUPDR6[1:0]		PUPDR5[1:0]		PUPDR4[1:0]		PUPDR3[1:0]		PUPDR2[1:0]		PUPDR1[1:0]		PUPDR0[1:0]	
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0x0C	GPIOx_PUPDR (where x = C..E and H)	PUPDR15[1:0]		PUPDR14[1:0]		PUPDR13[1:0]		PUPDR12[1:0]		PUPDR11[1:0]		PUPDR10[1:0]		PUPDR9[1:0]		PUPDR8[1:0]		PUPDR7[1:0]		PUPDR6[1:0]		PUPDR5[1:0]		PUPDR4[1:0]		PUPDR3[1:0]		PUPDR2[1:0]		PUPDR1[1:0]		PUPDR0[1:0]	
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x10	GPIOx_IDR (where x = A..E and H)	Reserved																IDR15	IDR14	IDR13	IDR12	IDR11	IDR10	IDR9	IDR8	IDR7	IDR6	IDR5	IDR4	IDR3	IDR2	IDR1	IDR0
	Reset value																	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0x14	GPIOx_ODR (where x = A..E and H)	Reserved																ODR15	ODR14	ODR13	ODR12	ODR11	ODR10	ODR9	ODR8	ODR7	ODR6	ODR5	ODR4	ODR3	ODR2	ODR1	ODR0
	Reset value																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x18	GPIOx_BSRR (where x = A..E and H)	BR15	BR14	BR13	BR12	BR11	BR10	BR9	BR8	BR7	BR6	BR5	BR4	BR3	BR2	BR1	BR0	BS15	BS14	BS13	BS12	BS11	BS10	BS9	BS8	BS7	BS6	BS5	BS4	BS3	BS2	BS1	BS0
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GPIO port

pull-up/pull-down register

input data register

output data register

bit set/reset register



# STM32 ARM® Cortex® M4

Offset	Register	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0x1C	GPIOx_LCKR (where x = A..E and H)	Reserved															LCKK	LCK15	LCK14	LCK13	LCK12	LCK11	LCK10	LCK9	LCK8	LCK7	LCK6	LCK5	LCK4	LCK3	LCK2	LCK1	LCK0
	Reset value																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0x20	GPIOx_AFRL (where x = A..E and H)	AFRL7[3:0]			AFRL6[3:0]			AFRL5[3:0]			AFRL4[3:0]			AFRL3[3:0]			AFRL2[3:0]			AFRL1[3:0]			AFRL0[3:0]										
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0x24	GPIOx_AFRH (where x = A..E and H)	AFRH15[3:0]			AFRH14[3:0]			AFRH13[3:0]			AFRH12[3:0]			AFRH11[3:0]			AFRH10[3:0]			AFRH9[3:0]			AFRH8[3:0]										
	Reset value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

GPIO port configuration lock register

GPIO alternate function low register

GPIO alternate function high register

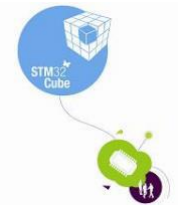
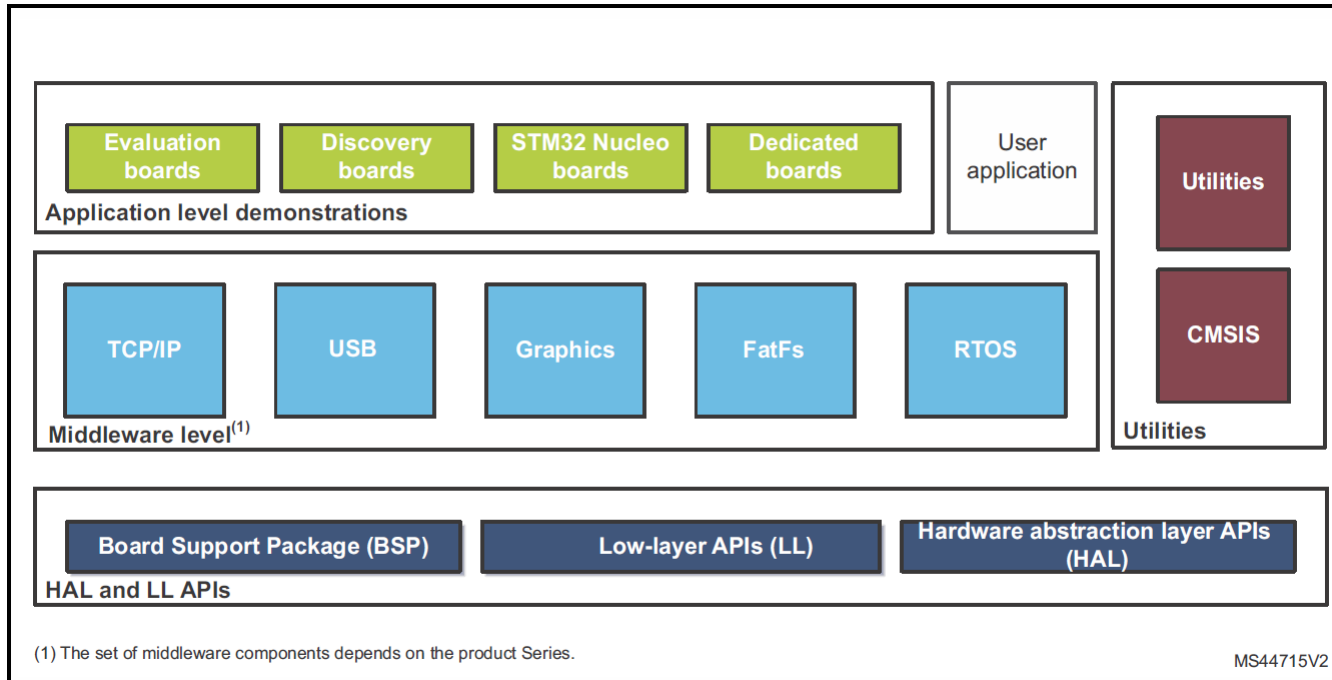
GPIO port-ok: GPIOA, GPIOB, GPIOC és GPIOH az STM32F401RE mikrovezérlőn, GPIOA...K más F4 családhoz tartozó mikrovezérlőkön

GPIO port-ok működtetése - a GPIO regiszterek programozásával:

- Beállítások (kezelési mód, üzemmód, stb.)
- Port-bitek írása / olvasása, módosítása
- Külső megszakítások kezelése



# Programozás: STM32Cube



- HAL: Hardware Abstraction Layer - a hardware komponensek egységes kezelését megvalósító réteg
- LL: Low Layer APIs - alacsony szintű perifériakezelés egyes perifériákra
- Middleware components: RTOS, USB, TCP/IP, grafika



# STM32Cube példa: GPIO programozás

---

HAL: Hardware Abstraction Layer

LL: Low Layer APIs

Adatstruktúrák:

GPIO\_InitTypeDef

uint32\_t Pin

uint32\_t Mode

uint32\_t Pull

uint32\_t Speed

uint32\_t Alternate

LL\_GPIO\_InitTypeDef

uint32\_t Pin

uint32\_t Mode

uint32\_t Speed

uint32\_t OutputType

uint32\_t Pull

uint32\_t Alternate

A konfigurációs regiszterekkel konform adatszerkezetek.



# STM32Cube példa: GPIO programozás

HAL:

LL:

## Pin

GPIO_PIN_0	LL_GPIO_PIN_0	Select pin 0
GPIO_PIN_1	LL_GPIO_PIN_1	Select pin 1
GPIO_PIN_2	LL_GPIO_PIN_2	Select pin 2
GPIO_PIN_3	LL_GPIO_PIN_3	Select pin 3
GPIO_PIN_4	LL_GPIO_PIN_4	Select pin 4
GPIO_PIN_5	LL_GPIO_PIN_5	Select pin 5
GPIO_PIN_6	LL_GPIO_PIN_6	Select pin 6
GPIO_PIN_7	LL_GPIO_PIN_7	Select pin 7
GPIO_PIN_8	LL_GPIO_PIN_8	Select pin 8
GPIO_PIN_9	LL_GPIO_PIN_9	Select pin 9
GPIO_PIN_10	LL_GPIO_PIN_10	Select pin 10
GPIO_PIN_11	LL_GPIO_PIN_11	Select pin 11
GPIO_PIN_12	LL_GPIO_PIN_12	Select pin 12
GPIO_PIN_13	LL_GPIO_PIN_13	Select pin 13
GPIO_PIN_14	LL_GPIO_PIN_14	Select pin 14
GPIO_PIN_15	LL_GPIO_PIN_15	Select pin 15
GPIO_PIN_All	LL_GPIO_PIN_ALL	Select all pins



# STM32Cube példa: GPIO programozás

HAL:

LL:

## Pull

GPIO\_NOPULL

LL\_GPIO\_PULL\_NO

No Pull-up or Pull-down activation

GPIO\_PULLUP

LL\_GPIO\_PULL\_UP

Pull-up activation

GPIO\_PULLDOWN

LL\_GPIO\_PULL\_DOWN

Pull-down activation

## Speed

GPIO\_SPEED\_FREQ\_LOW

LL\_GPIO\_SPEED\_FREQ\_LOW

GPIO\_SPEED\_FREQ\_MEDIUM

LL\_GPIO\_SPEED\_FREQ\_MEDIUM

GPIO\_SPEED\_FREQ\_HIGH

LL\_GPIO\_SPEED\_FREQ\_HIGH

GPIO\_SPEED\_FREQ\_VERY\_HIGH

LL\_GPIO\_SPEED\_FREQ\_VERY\_HIGH

LOW

IO works at 2 MHz

MEDIUM

range 12,5 MHz to 50 MHz

HIGH

range 25 MHz to 100 MHz

VERY\_HIGH

range 50 MHz to 200 MHz





# STM32Cube példa: GPIO programozás

---

HAL:

## Mode

GPIO_MODE_INPUT	Input Floating Mode
GPIO_MODE_OUTPUT_PP	Output Push Pull Mode
GPIO_MODE_OUTPUT_OD	Output Open Drain Mode
GPIO_MODE_AF_PP	Alternate Function Push Pull Mode
GPIO_MODE_AF_OD	Alternate Function Open Drain Mode
GPIO_MODE_ANALOG	Analog Mode
GPIO_MODE_IT_RISING	External Interrupt Mode with Rising edge trigger detection
GPIO_MODE_IT_FALLING	External Interrupt Mode with Falling edge trigger detection
GPIO_MODE_IT_RISING_FALLING	External Interrupt Mode with Rising/Falling edge trigger detection
GPIO_MODE_EVT_RISING	External Event Mode with Rising edge trigger detection
GPIO_MODE_EVT_FALLING	External Event Mode with Falling edge trigger detection
GPIO_MODE_EVT_RISING_FALLING	External Event Mode with Rising/Falling edge trigger detection



# STM32Cube példa: GPIO programozás

---

LL:

## Mode

LL_GPIO_MODE_INPUT	Select input mode
LL_GPIO_MODE_OUTPUT	Select output mode
LL_GPIO_MODE_ALTERNATE	Select alternate function mode
LL_GPIO_MODE_ANALOG	Select analog mode

## OutputType

LL_GPIO_OUTPUT_PUSHPULL	Select push-pull as output type
LL_GPIO_OUTPUT_OPENDRAIN	Select open-drain as output type



# STM32Cube példa: GPIO programozás

HAL:

## Alternate

GPIO\_AF0\_RTC\_50Hz  
GPIO\_AF0\_MCO  
GPIO\_AF0\_TAMPER  
GPIO\_AF0\_SWJ  
GPIO\_AF0\_TRACE  
GPIO\_AF1\_TIM1  
GPIO\_AF1\_TIM2  
GPIO\_AF2\_TIM3  
GPIO\_AF2\_TIM4  
GPIO\_AF2\_TIM5  
GPIO\_AF3\_TIM8  
GPIO\_AF3\_TIM9  
GPIO\_AF3\_TIM10  
GPIO\_AF3\_TIM11  
GPIO\_AF4\_I2C1  
GPIO\_AF4\_I2C2

GPIO\_AF4\_I2C3  
GPIO\_AF5\_SPI1  
GPIO\_AF5\_SPI2  
GPIO\_AF5\_SPI3  
GPIO\_AF5\_SPI4  
GPIO\_AF5\_SPI5  
GPIO\_AF5\_SPI6  
GPIO\_AF5\_I2S3ext  
GPIO\_AF6\_SPI3  
GPIO\_AF6\_I2S2ext  
GPIO\_AF6\_SAI1  
GPIO\_AF7\_USART1  
GPIO\_AF7\_USART2  
GPIO\_AF7\_USART3  
GPIO\_AF7\_I2S3ext  
GPIO\_AF8\_UART4  
GPIO\_AF8\_USART6  
GPIO\_AF8\_UART7  
GPIO\_AF8\_UART8

GPIO\_AF9\_CAN1  
GPIO\_AF9\_CAN2  
GPIO\_AF9\_TIM12  
GPIO\_AF9\_TIM13  
GPIO\_AF9\_TIM14  
GPIO\_AF9\_LTDC  
GPIO\_AF9\_QSPI  
GPIO\_AF10\_OTG\_FS  
GPIO\_AF10\_OTG\_HS  
GPIO\_AF10\_QSPI  
GPIO\_AF11\_ETH  
GPIO\_AF12\_FMC  
GPIO\_AF12\_OTG\_HS\_FS  
GPIO\_AF12\_SDIO  
GPIO\_AF13\_DCM1  
GPIO\_AF13\_DSI  
GPIO\_AF14\_LTDC  
GPIO\_AF15\_EVENTOUT



# STM32Cube példa: GPIO programozás

---

LL:

## Alternate

LL_GPIO_AF_0	Select alternate function 0
LL_GPIO_AF_1	Select alternate function 1
LL_GPIO_AF_2	Select alternate function 2
LL_GPIO_AF_3	Select alternate function 3
LL_GPIO_AF_4	Select alternate function 4
LL_GPIO_AF_5	Select alternate function 5
LL_GPIO_AF_6	Select alternate function 6
LL_GPIO_AF_7	Select alternate function 7
LL_GPIO_AF_8	Select alternate function 8
LL_GPIO_AF_9	Select alternate function 9
LL_GPIO_AF_10	Select alternate function 10
LL_GPIO_AF_11	Select alternate function 11
LL_GPIO_AF_12	Select alternate function 12
LL_GPIO_AF_13	Select alternate function 13
LL_GPIO_AF_14	Select alternate function 14
LL_GPIO_AF_15	Select alternate function 15



# STM32Cube példa: GPIO programozás

## Függvények

### HAL:

HAL\_GPIO\_Init  
HAL\_GPIO\_DeInit  
HAL\_GPIO\_ReadPin  
HAL\_GPIO\_WritePin  
HAL\_GPIO\_TogglePin  
HAL\_GPIO\_LockPin  
HAL\_GPIO\_EXTI\_IRQHandler  
HAL\_GPIO\_EXTI\_Callback

### LL:

LL\_GPIO\_SetPinMode  
LL\_GPIO\_GetPinMode  
LL\_GPIO\_SetPinOutputType  
LL\_GPIO\_GetPinOutputType  
LL\_GPIO\_SetPinSpeed  
LL\_GPIO\_GetPinSpeed  
LL\_GPIO\_SetPinPull  
LL\_GPIO\_GetPinPull  
LL\_GPIO\_SetAFPin\_0\_7  
LL\_GPIO\_GetAFPin\_0\_7  
LL\_GPIO\_SetAFPin\_8\_15  
LL\_GPIO\_GetAFPin\_8\_15  
LL\_GPIO\_LockPin  
LL\_GPIO\_IsPinLocked  
LL\_GPIO\_IsAnyPinLocked  
LL\_GPIO\_ReadInputPort  
LL\_GPIO\_IsInputPinSet  
LL\_GPIO\_WriteOutputPort  
LL\_GPIO\_ReadOutputPort  
LL\_GPIO\_IsOutputPinSet  
LL\_GPIO\_SetOutputPin  
LL\_GPIO\_ResetOutputPin  
LL\_GPIO\_TogglePin  
LL\_GPIO\_DeInit  
LL\_GPIO\_Init  
LL\_GPIO\_StructInit



# STM32Cube: GPIO programozás

## HAL függvény példa

### HAL\_GPIO\_WritePin

```
void HAL_GPIO_WritePin (GPIO_TypeDef * GPIOx, uint16_t GPIO_Pin, GPIO_PinState PinState)
```

Function description    Sets or clears the selected data port bit.

Parameters

**GPIOx:** where x can be (A..K) to select the GPIO peripheral for STM32F429X device or x can be (A..I) to select the GPIO peripheral for STM32F40XX and STM32F427X devices.

**GPIO\_Pin:** specifies the port bit to be written. This parameter can be one of GPIO\_PIN\_x where x can be (0..15).

**PinState:** specifies the value to be written to the selected bit. This parameter can be one of the GPIO\_PinState enum values:

GPIO\_PIN\_RESET: to clear the port pin

GPIO\_PIN\_SET: to set the port pin

Return values

None:

Notes

This function uses GPIOx\_BSRR register to allow atomic read/modify accesses. In this way, there is no risk of an IRQ occurring between the read and the modify access.



# STM32CubeMX: GPIO konfigurálás

The screenshot displays the STM32CubeMX software interface for configuring the STM32F401REx NUCLEO-F401RE. The left sidebar shows the configuration tree with the following sections:

- Additional Software
  - MiddleWares
    - FATFS
    - FREERTOS
    - LIBJPEG
    - MBEDTLS
    - PDH2PCM
    - USB\_DEVICE
    - USB\_HOST
  - Peripherals
    - ADC1
    - CRC
    - I2C1
    - I2C2
    - I2C3
    - I2S2
    - I2S3
    - IWDG
    - RCC
    - RTC
    - SDIO
    - SPI1
    - SPI2
    - SPI3
    - SYS
    - TIM1
    - TIM2
    - TIM3
    - TIM4
    - TIM5
    - TIM9
    - TIM10

The main area shows a pinout diagram of the STM32F401REx LQFP64 package. The pins are color-coded and labeled with their functions:

- Top row: VDD, VSS, PB9, PB8, BOOT0, PB7, PB6, PB5, PB4, PB3, PB2, PC12, PC11, PC10, PA15, PA14
- Right side: VDD, PA13, PA12, PA11, PA10, PA9, PA8
- Bottom row: USART\_RX, VSS, VDD, PA4, PA5, PA6, PA7, PC4, PC5, PB0, PB1, PB2, VCA, VSS, VDD
- Left side: VBAT, BLUE\_SW, RCC\_OSC32\_IN, RCC\_OSC32\_OUT, RCC\_OSC\_IN, RCC\_OSC\_OUT, NRST, PC0, PC1, PC2, PC3, VSS, VRE, PA0, PA1, USART\_TX, PA2

Additional labels include: TIM3\_2\_IN2\_A, TIM3\_1\_IN1\_A, USR\_TRIG, TCK, TMS, and a table for the PC5 pin:

PC5
Reset_State
I2C3_SDA
I2S_CKIN
RCC_MCO_2
SDIO_D1
TIM3_CH4
GPIO_Input
GPIO_Output
GPIO_Analog
EVENTOUT
GPIO_EXTI9



# STM32CubeMX: GPIO konfigurálás

STM32CubeMX SensAct1.ioc\*: STM32F401RETx NUCLEO-F401RE

File Project Pinout Window Help

Keep Current Signals Placement Show User Label

Pinout Clock Configuration Configuration Power Consumption Calculator

**Configuration**

- Additional Software
  - MiddleWares
    - FATFS
    - FREERTOS
    - LIBJPEG
    - MBEDTLS
    - PDH2PCM
    - USB\_DEVICE
    - USB\_HOST
  - Peripherals
    - ADC1
    - CRC
    - I2C1
    - I2C2
    - I2C3
    - I2S2
    - I2S3
    - IWDG
    - RCC
    - RTC
    - SDIO
    - SPI1
    - SPI2
    - SPI3
    - SYS
    - TIM1
    - TIM2
    - TIM3
    - TIM4
    - TIM5
    - TIM9
    - TIM10

Pinout diagram labels:

- Top: VDD, VSS, PB9, PB8, BOOT0, PB7, PB6, PB5, PB4, PB3, PD2, PC12, PC11, PC10, PA15, PA14
- Right: VDD, VSS, PA13, TMS, PA12, PA11, PA10, PA9, PA8, PA7, PA6, PA5, PA4, PA3
- Bottom: USART\_RX, VSS, VDD, PA4, PA5, PA6, PA7, PA8, PA9, PA10, PA11, PA12, PA13, PA14, PA15, VSS, VDD
- Left: VBAT, BLUE\_SW, RCC\_OSC32\_IN, RCC\_OSC32\_OUT, RCC\_OSC\_IN, PH0, PH1, NRST, PC0, PC1, PC2, PC3, VSS, VRE, PA0, PA1, USART\_TX
- Bottom-Right: USART\_LED1, USR\_LED2, TIM3\_3\_TRIG, ADC1\_IN15, ADC1\_IN14, GREEN\_LED, USART\_LED1, USR\_LED2, TIM3\_3\_TRIG, ADC1\_IN15, ADC1\_IN14, GREEN\_LED, USART\_RX
- Top-Right: TIM3\_2\_IN2\_A, TIM3\_1\_IN1\_A, USR\_TRIG, TCK
- Right-Callout: GPIO\_Output (PC8) USR\_LED6



# STM32CubeMX: GPIO konfigurálás

The screenshot displays the STM32CubeMX interface for configuring GPIO pins. The left sidebar shows the project configuration tree, including peripherals like ADC1, CRC, IWDG, RCC, SYS, TIM1, TIM3, and USART2. The main window shows the Pin Configuration dialog box, which is currently set to configure PC8. The dialog box includes a table of pin configurations and a detailed configuration section for the selected pin.

**Pin Configuration Table:**

Pin Name	Signal on Pin	GPIO output l...	GPIO mode	GPIO Pull-up/...	Maximum out...	User Label	Modified
PA5	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	GREEN_LED	<input checked="" type="checkbox"/>
PB1	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED2	<input checked="" type="checkbox"/>
PB2	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED1	<input checked="" type="checkbox"/>
PB12	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW1	<input checked="" type="checkbox"/>
PB13	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW4	<input checked="" type="checkbox"/>
PB14	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW3	<input checked="" type="checkbox"/>
PB15	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW2	<input checked="" type="checkbox"/>
PC6	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED5	<input checked="" type="checkbox"/>
PC7	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED3	<input checked="" type="checkbox"/>
PC8	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED6	<input checked="" type="checkbox"/>
PC13-ANTI_TA...	n/a	n/a	Input mode	No pull-up and ...	n/a	BLUE_SW	<input checked="" type="checkbox"/>
PD2	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_TRIG	<input checked="" type="checkbox"/>

**PC8 Configuration:**

- GPIO output level: Low
- GPIO mode: Output Push Pull
- GPIO Pull-up/Pull-down: No pull-up and no pull-down
- Maximum output speed: Low
- User Label: USR\_LED6

Group By Peripherals

Buttons: Apply, Ok, Cancel



# STM32CubeMX: GPIO konfigurálás

## GPIO\_Output

The image shows three sequential screenshots of the STM32CubeMX Pin Configuration dialog, illustrating the configuration of GPIO output pins. Each screenshot shows a table of pins and their configurations, with a specific pin highlighted in blue. Below the table, the configuration details for that pin are shown in a form.

Pin Name	Signal on Pin	GPIO output...	GPIO mode	GPIO Pull-up/...	Maximum out...	User Label	Modified
PA5	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	GREEN_LED	<input checked="" type="checkbox"/>
PB1	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED2	<input checked="" type="checkbox"/>
PB2	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED1	<input checked="" type="checkbox"/>
PB12	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW1	<input checked="" type="checkbox"/>
PB13	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW4	<input checked="" type="checkbox"/>
PB14	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW3	<input checked="" type="checkbox"/>
PB15	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW2	<input checked="" type="checkbox"/>
PC6	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED5	<input checked="" type="checkbox"/>
PC7	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED3	<input checked="" type="checkbox"/>
PC8	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED6	<input checked="" type="checkbox"/>
PC13-ANTI_TA...	n/a	n/a	Input mode	No pull-up and ...	n/a	BLUE_SW	<input checked="" type="checkbox"/>
PD2	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_TRIG	<input checked="" type="checkbox"/>

Configuration details for the highlighted pin (PC8):

- GPIO output level: Low
- GPIO mode: Output Push Pull
- GPIO Pull-up/Pull-down: No pull-up and no pull-down
- Maximum output speed: Low
- User Label: USR\_LED6

## GPIO\_Input

The screenshot shows the Pin Configuration dialog with the configuration for pin PC13-ANTI\_TAMP highlighted in blue.

Pin Name	Signal on Pin	GPIO output...	GPIO mode	GPIO Pull-up/...	Maximum out...	User Label	Modified
PA5	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	GREEN_LED	<input checked="" type="checkbox"/>
PB1	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED2	<input checked="" type="checkbox"/>
PB2	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED1	<input checked="" type="checkbox"/>
PB12	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW1	<input checked="" type="checkbox"/>
PB13	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW4	<input checked="" type="checkbox"/>
PB14	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW3	<input checked="" type="checkbox"/>
PB15	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW2	<input checked="" type="checkbox"/>
PC6	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED5	<input checked="" type="checkbox"/>
PC7	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED3	<input checked="" type="checkbox"/>
PC8	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED6	<input checked="" type="checkbox"/>
PC13-ANTI_TA...	n/a	n/a	Input mode	No pull-up and ...	n/a	BLUE_SW	<input checked="" type="checkbox"/>
PD2	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_TRIG	<input checked="" type="checkbox"/>

Configuration details for the highlighted pin (PC13-ANTI\_TAMP):

- GPIO mode: Input mode
- GPIO Pull-up/Pull-down: No pull-up and no pull-down
- User Label: BLUE\_SW

## GPIO\_EXTIn

The screenshot shows the Pin Configuration dialog with the configuration for pin PB12 highlighted in blue.

Pin Name	Signal on Pin	GPIO output...	GPIO mode	GPIO Pull-up/...	Maximum out...	User Label	Modified
PA5	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	GREEN_LED	<input checked="" type="checkbox"/>
PB1	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED2	<input checked="" type="checkbox"/>
PB2	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED1	<input checked="" type="checkbox"/>
PB12	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW1	<input checked="" type="checkbox"/>
PB13	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW4	<input checked="" type="checkbox"/>
PB14	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW3	<input checked="" type="checkbox"/>
PB15	n/a	n/a	External Interr...	No pull-up and ...	n/a	USR_SW2	<input checked="" type="checkbox"/>
PC6	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED5	<input checked="" type="checkbox"/>
PC7	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED3	<input checked="" type="checkbox"/>
PC8	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_LED6	<input checked="" type="checkbox"/>
PC13-ANTI_TA...	n/a	n/a	Input mode	No pull-up and ...	n/a	BLUE_SW	<input checked="" type="checkbox"/>
PD2	n/a	Low	Output Push Pull	No pull-up and ...	Low	USR_TRIG	<input checked="" type="checkbox"/>

Configuration details for the highlighted pin (PB12):

- GPIO mode: External Interrupt Mode with Rising edge trigger detection
- GPIO Pull-up/Pull-down: No pull-up and no pull-down
- User Label: USR\_SW1



# STM32 ARM® Cortex® M4: NVIC

---

## Nested vectored interrupt controller (NVIC)

- 52 maszkolható megszakítás
- 1 nem maszkolható megszakítás (NMI)
- 16 programozható prioritási szint
- A prioritási szinteken belül al-prioritások adhatók meg
- Gyors, kis lappangási idejű (latency) megszakítás kezelés
- A megszakítási eljárások (ISR-ek) közösleges szubrutinok

### Megszakítás források:

- Belső erőforrások (FPU, MPU, PWR, WDG, CRC, stb.)
- Belső perifériák
- Bemeneti vonalakra kapcsolt külső perifériák (EXTI)



# STM32 ARM® Cortex® M4: NVIC

STM32CubeMX → Configuration → NVIC Configuration

Interrupt Table	Enabled	Preemption Priority	Sub Priority
Non maskable interrupt	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Hard fault interrupt	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Memory management fault	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Pre-fetch fault, memory access fault	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Undefined instruction or illegal state	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
System service call via SWI instruction	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Debug monitor	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Pendable request for system service	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Time base: System tick timer	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
PVD interrupt through EXTI line 16	<input type="checkbox"/>	0	0
Flash global interrupt	<input type="checkbox"/>	0	0
RCC global interrupt	<input type="checkbox"/>	0	0
ADC1 global interrupt	<input checked="" type="checkbox"/>	3	0
TIM1 break interrupt and TIM9 global interrupt	<input type="checkbox"/>	0	0
TIM1 update interrupt and TIM10 global interrupt	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0
TIM1 trigger and commutation interrupts and TIM11 global interrupt	<input type="checkbox"/>	0	0
TIM1 capture compare interrupt	<input type="checkbox"/>	0	0
TIM3 global interrupt	<input type="checkbox"/>	0	0
USART2 global interrupt	<input type="checkbox"/>	0	0
<b>EXTI line[15:10] interrupts</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<b>7</b>	<b>0</b>
FPU global interrupt	<input type="checkbox"/>	0	0

Példa: 16 prioritási szint  
alprioritások nélkül

Példa: GPIO\_EXTIn megszakítás

Engedélyezés/tiltás - prioritás



# STM32 ARM® Cortex® M4

---

## Irodalom

- ARM® Cortex®-M for Beginners, White Paper, ARM, Joseph Yiu, September 2016
- ARM® Cortex®-M4 Processor Technical Reference Manual, Rev. r0p1, ARM, 2015
- STM32F401xB/C and STM32F401xD/E Reference manual, RM0368, ST Microelectronics
- STM32F3, STM32F4 and STM32L4 Series Programming manual, PM0214, ST Microel.
- Description of STM32F4 HAL and LL drivers User Manual, UM1725, ST Microel.
- STM32F401xD STM32F401xE Datasheet, ST Microelectronics



# BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM

Dr. Soumelidis Alexandros



*email: [soumelidis@sztaki.hu](mailto:soumelidis@sztaki.hu)*



**BME KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR**  
**32708-2/2017/INTFIN SZÁMÚ EMMI ÁLTAL TÁMOGATOTT TANANYAG**