Mikroprocesorski sistemi

Sadržaj predmeta

Aleksandar Peulić

- ARM Cortex Mikrokontroleri
- Stm32 familija mikroprocesora
- Programiranje korišćenjem HAL drajvera
- Simulacija rada mikrokontrolera
- Organizacija i realizacija samostalnog projekta

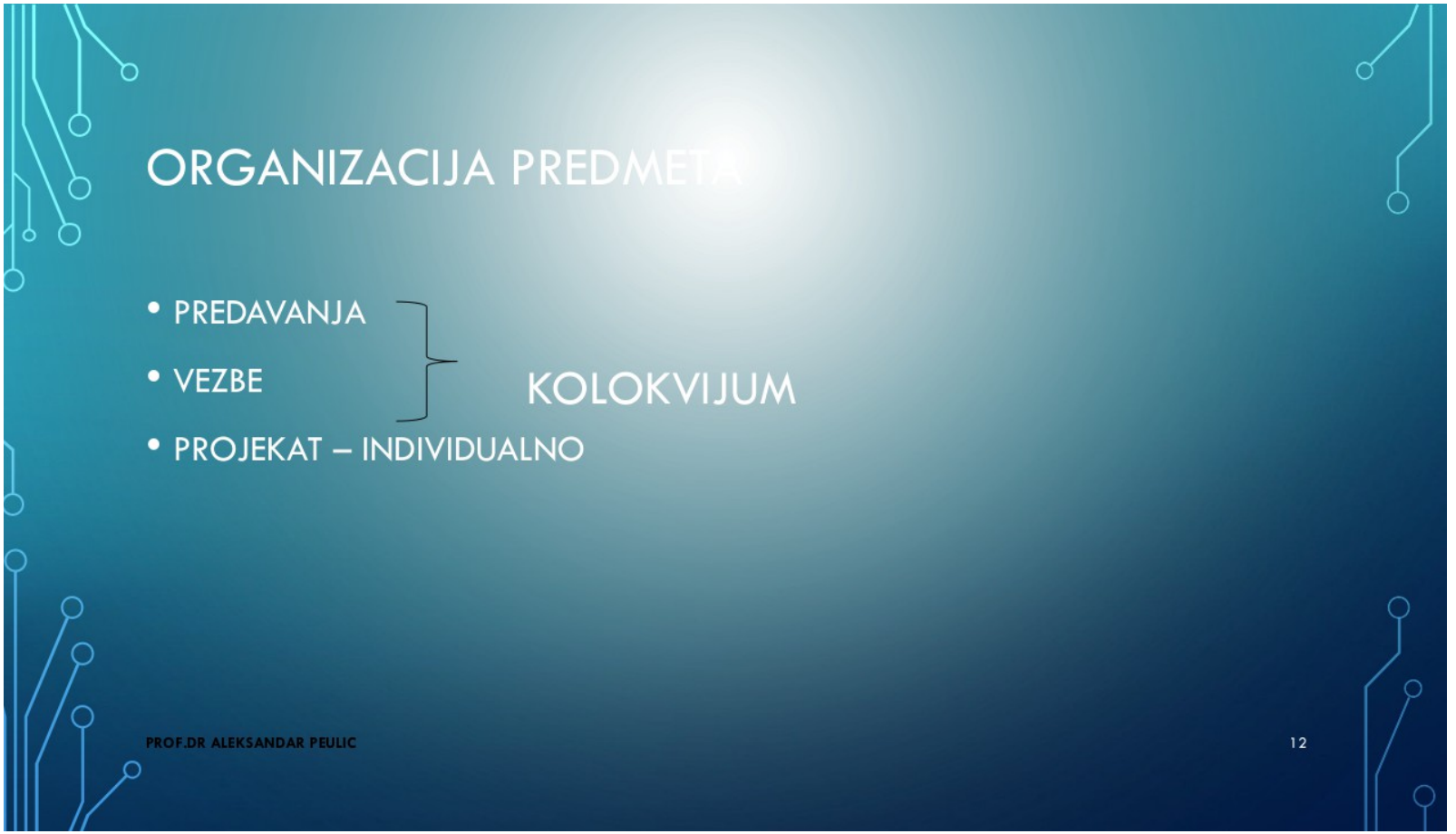
Literatura:

Vezbe, Kristina Vasic
Predavanja, Aleksandar Peulic

- Nucleo Boards Programming with the STM32CubeIDE, Dogan Ibrahim, 2021

- ARM System-on-Chip Architecture, Steve Furber, Addison-Wesley, 2000.

- The Definitive Guide to ARM® Cortex®-M3 and Cortex®-M4 Processors, Third Edition, Joseph Yiu, Elsevier, 2013.
- https://www.st.com/en/



Kolokvijum: 2x25
Mini projekat: 2x5
Projekat: 40

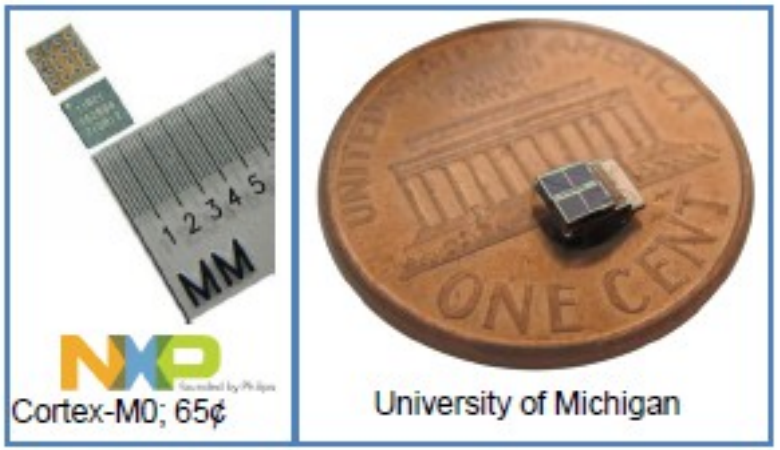
Literatura – ARM dokumentacija

- ARMv7-M Architecture Reference Manual (ARM DDI 0403)
- • ARM Cortex-M3 Integration and Implementation Manual (ARM DII 0240)
- • ARM AMBA® 3 AHB-Lite Protocol (v1.0) (ARM IHI 0033)
- • ARM AMBA™ 3 APB Protocol Specification (ARM IHI 0024)
- • AMBA® 3 ATB Protocol Specification (ARM IHI 0032)
- • ARM CoreSight™ Components Technical Reference Manual (ARM DDI 0314)
- • ARM Debug Interface v5 Architecture Specification (ARM IHI 0031)
- • ARM Embedded Trace Macrocell Architecture Specification (ARM IHI 0014).
- • IEEE Standard *Test Access Port and Boundary-Scan Architecture* 1149.1-2001 (JTAG

ARM

- Holding osnovan 1990 godine, kao zajedničko preduzeće kompanija Accorn, Apple i VLSI Technology.
- ARM ne proizvodi čipove već se bavi dizajnom arhitekture i procesora.
- Skoro svi vodeći proizvođači elektronskih komponenti otkupljuju licence od ARM-a i na osnovu njih proizvode svoje varijante mikrokontrolera i mikroprocesora.
- Osnovna ideja je da procesorsko jezgro bude standardizovano (ARM), a da svaki proizvođač dodaje svoje specifične periferije.

ARM partneri

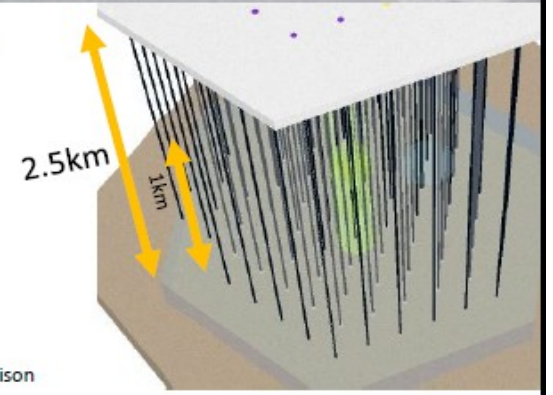


4200 ARM powered
Neutrino Detectors

70 bore holes 2.5km deep

60 detectors per string
starting 1.5km down

1km^3 of active telescope



Work supported by the National Science Foundation and University of Wisconsin-Madison

Markets for ARM in 2017

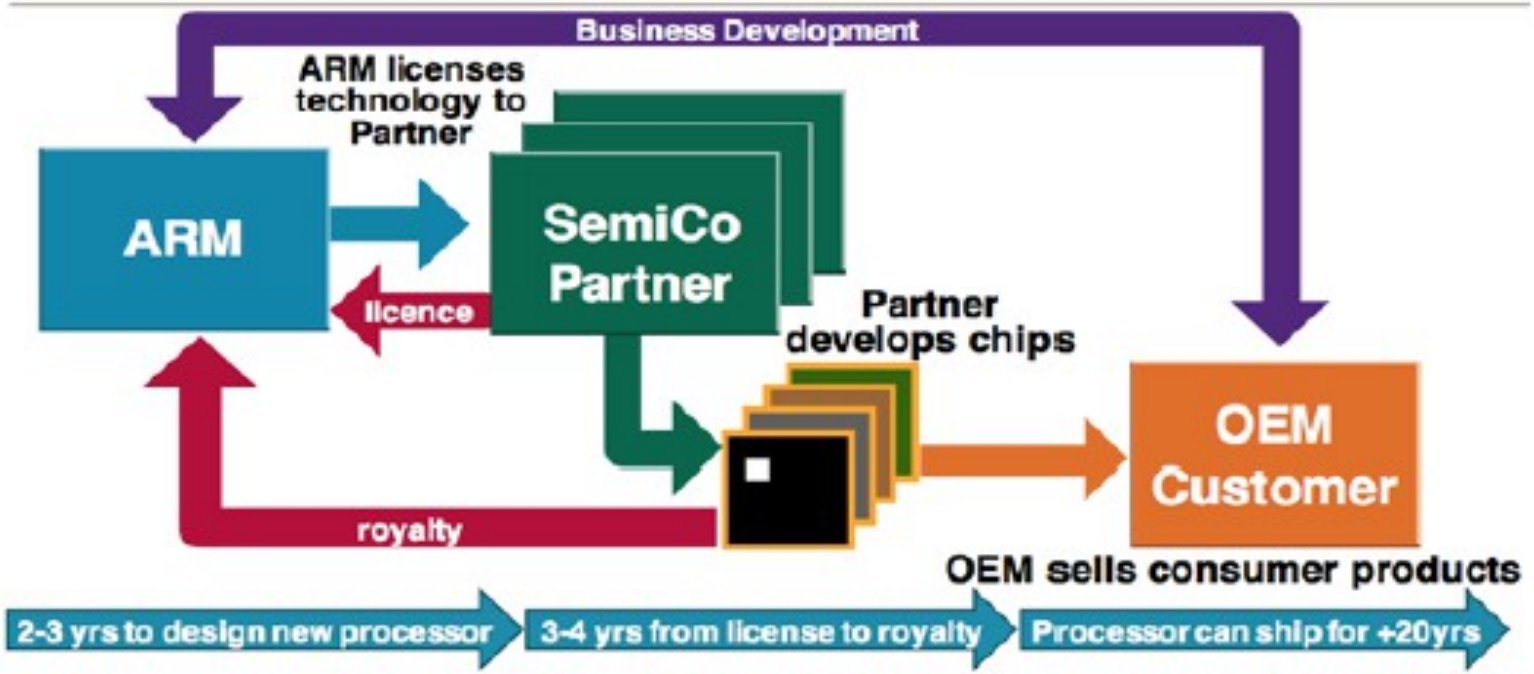
	Devices Shipped (Million of Units)	2017 Devices	Device CAGR	Chips/ Device	2017 Chips	Chip CAGR	Key Growth Areas for ARM
Mobile	Smart Phone	1,700	20%	3-5	6,800	20%	←
	Feature Phone	-	-	-	-	-	
	Low End Voice	710	-1%	1-2	1,400	15%	
	Portable Media Players	90	-10%	1-3	180	-5%	
	Mobile Computing* (apps only)	850	20%	1	850	20%	←
Home	Digital Camera	130	-5%	1-2	200	-5%	
	Digital TV & Set-top-box	600	10%	1-4	2,000	25%	←
Enterprise	Desktop PCs & Servers (apps)	200	Flat	1	200	Flat	
	Networking	1,500	5%	1-2	1,700	5%	←
	Printers	130	2%	1-3	130	2%	
	Hard Disk & Solid State Drives	1,100	10%	1	1,100	10%	
Embedded	Automotive	3,800	10%	1	3,800	10%	
	Smart Card	8,500	10%	1	8,500	10%	
	Microcontrollers	11,400	5%	1	11,400	5%	←
	Others **	3,000	10%	1-2	3,000	10%	
	Total	**34,000**	**5%**		**41,000**	10%	

Source: Gartner, IDC, SIA, and ARM estimates

* Including tablets, netbooks and laptops

** Includes other applications not listed such as headsets, DVD, game consoles, etc

ARM Business Model

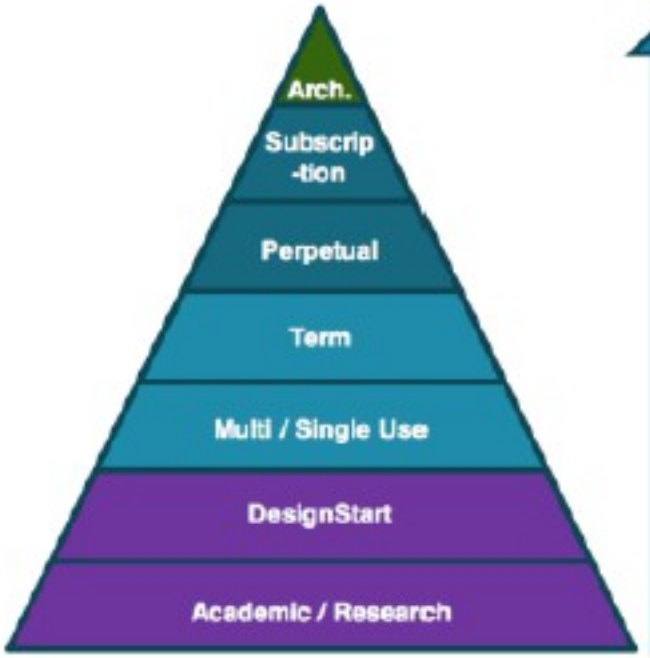


- Innovative business model yields high margins
  - Upfront license fee – flexible licensing models
  - Ongoing royalties – typically based on percentage of chip price
  - Technology suitable for multiple applications – can ship for decades

Original Equipment Manufacturer or OEM

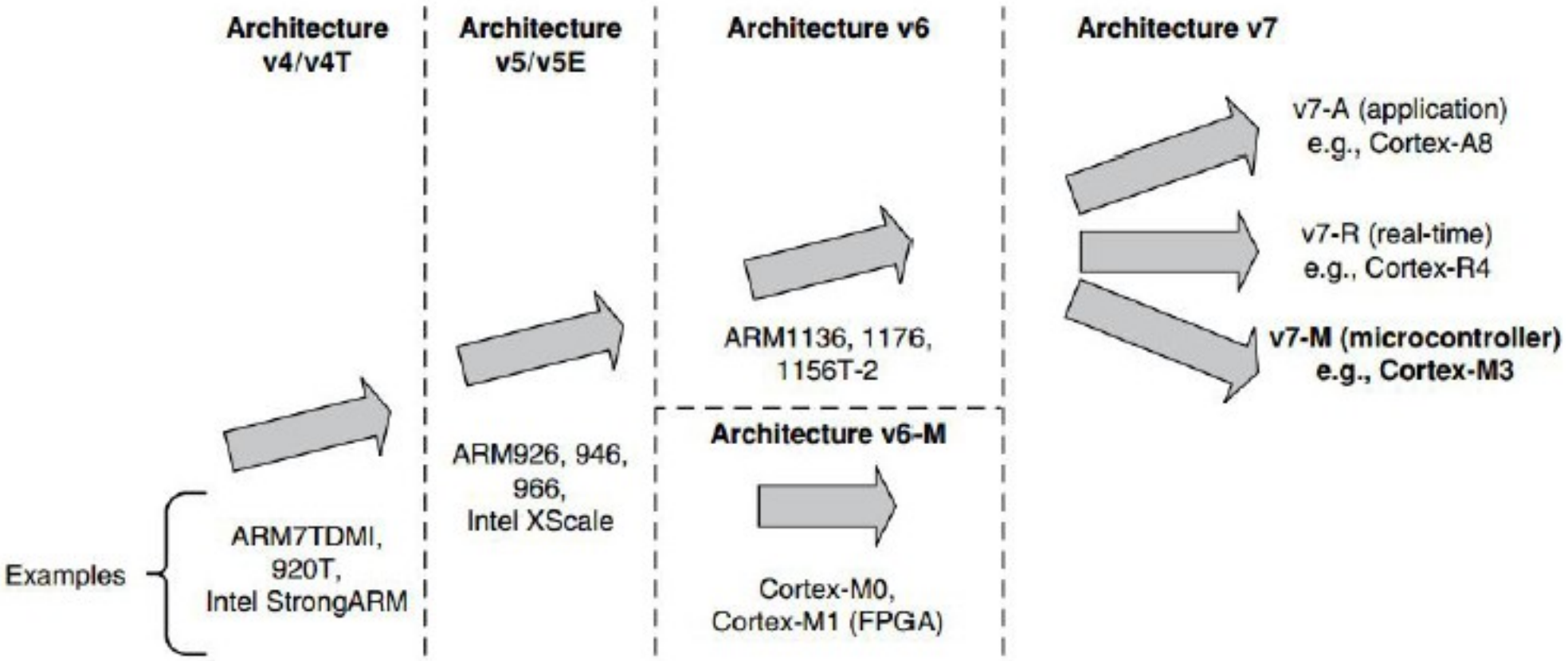
Broad Range of Licensing Options

- Innovation in the business model as well as technology
  - New partnerships for new types of companies



- Higher license fee
- Fewer use constraints
- Greater commercial and technical interaction
- Increasing internal investment by Partner
- Increasing ARM / Partner business knowledge

ARM – evolucija arhitektura



Cortex familije

ARM Cortex-A family (v7-A):

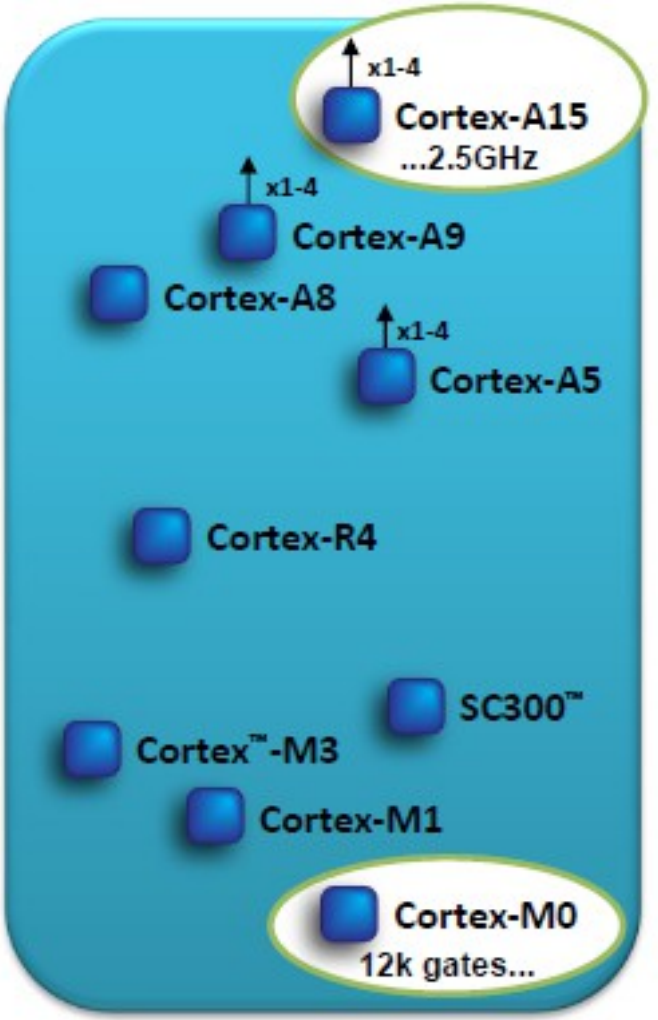
Applications processors for full OS and 3rd party applications

ARM Cortex-R family (v7-R):

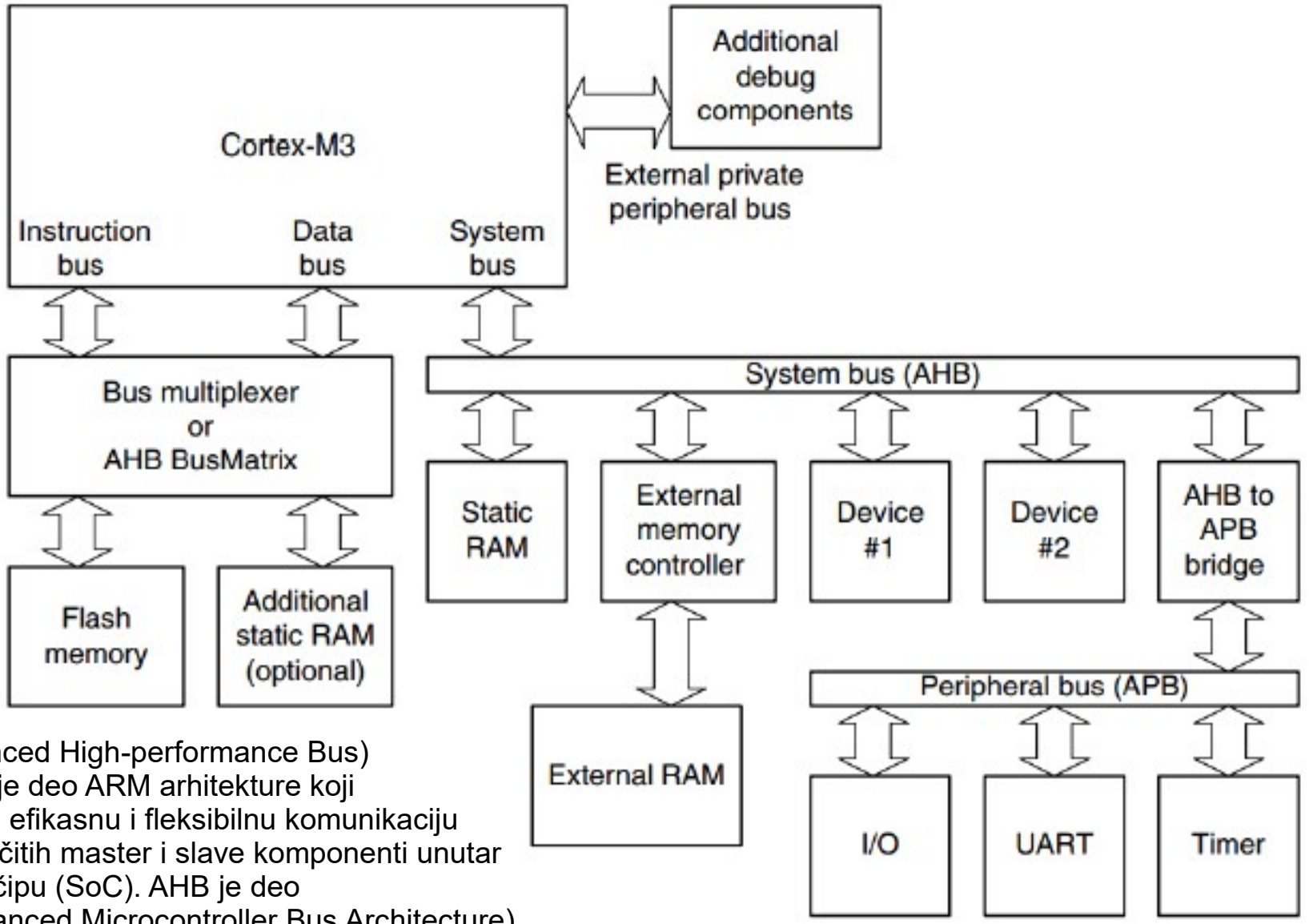
Embedded processors for real-time signal processing, control applications

ARM Cortex-M family (v7-M):

Microcontroller-oriented processors for MCU and SoC applications

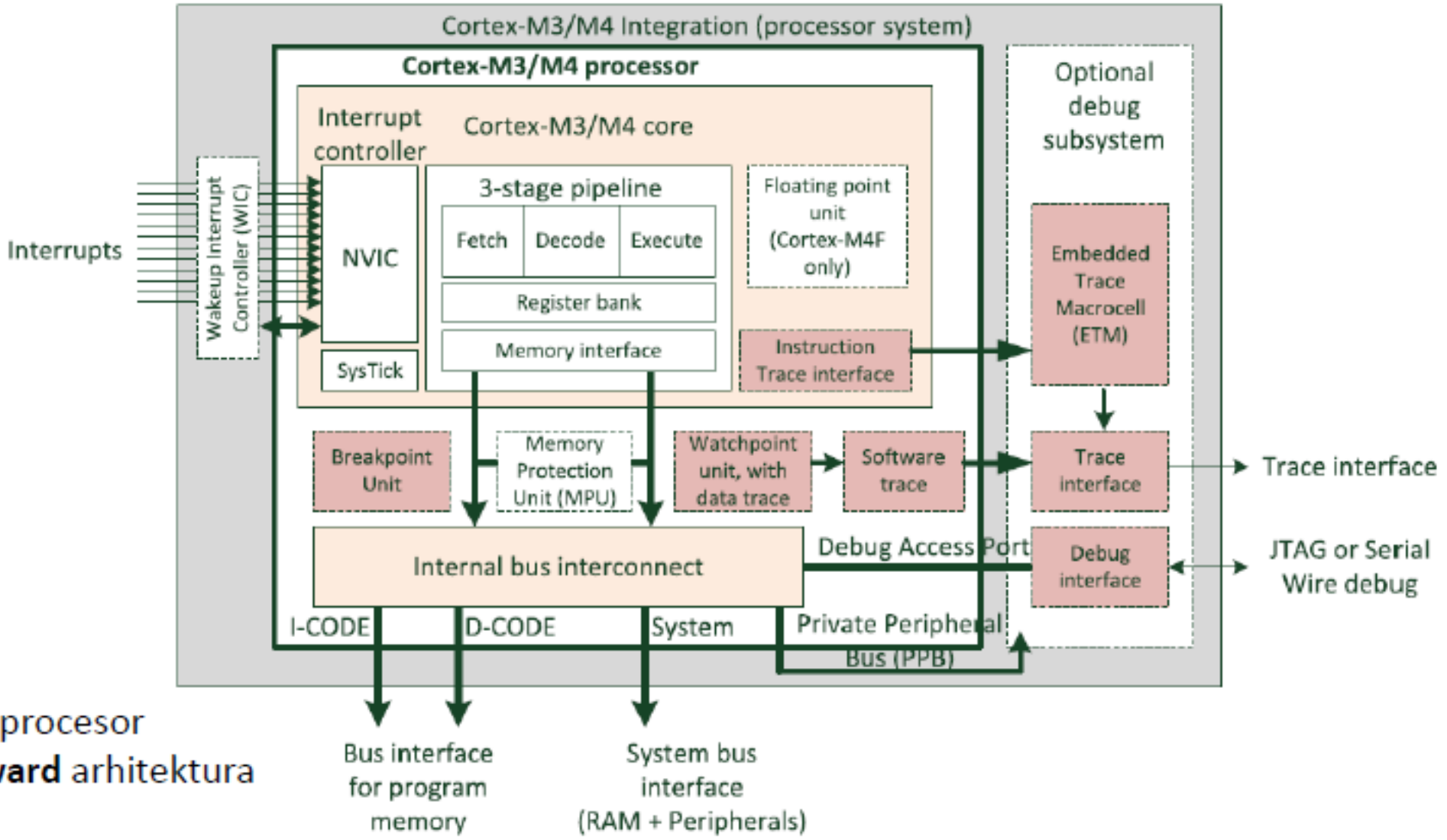


Arhitektura Cortex-Mx mikrokontrolera



AHB (Advanced High-performance Bus) Bus Matrix je deo ARM arhitekture koji omogućava efikasnu i fleksibilnu komunikaciju između različitih master i slave komponenti unutar sistema na čipu (SoC). AHB je deo AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) specifikacije koju je razvio ARM.

Cortex-M3/M4 – procesori bazirani na ARMv7-M arhitekturi



RISC procesor
Harward arhitektura

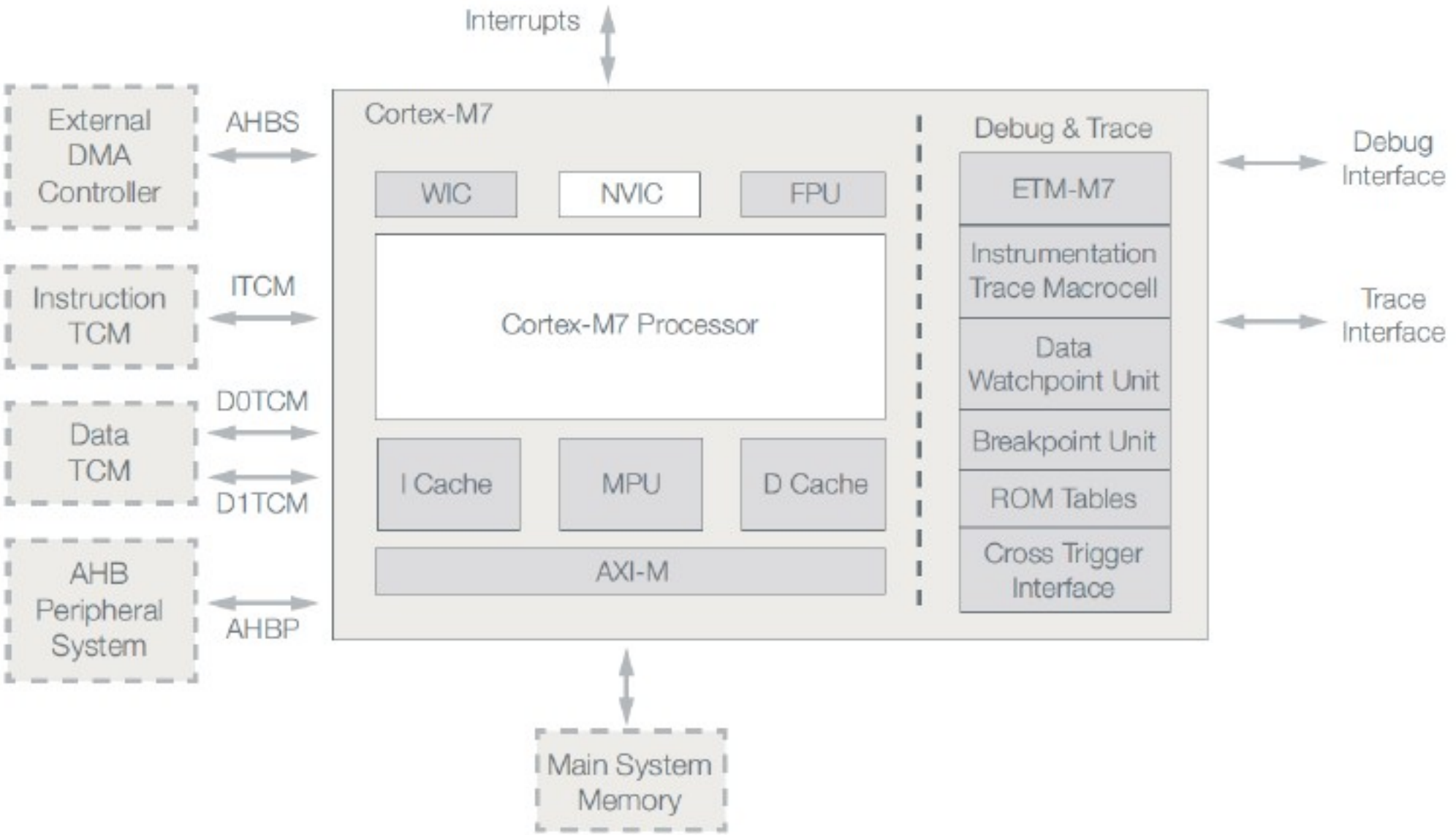
ARM Cortex-M3/M4 tehnologije

- Svaka od Cortex-M serije procesora je specifična, ali poseduje i sledeće zajedničke karakteristike:

RISC procesorsko jezgro	**Thumb-2® instukcijski set**
•32-bit CPU •Predvidiv rad •3-stepena protočna obrada	•Kompromis između 16/32-bitnih instrukcija •3x manja veličina koda nego kod 8-bitnih platformi •Bez negativnog uticaja na performanse
Modovi rada sa smanjenom potrošnjom	**Nested Vectored Interrupt Controller (NVIC)**
•Integrisani modovi rada •Više modova potrošnje •Softverska kontrola	•Malo kašnjenje servisiranja prekida •Bez potrebe za programiranjem u asembleru •Servisne rutine u C kodu
Alati i RTOS	**Podrška za debagovanje**
•Široka lepeza alata •Cortex Microcontroller Software Interface Standard •Software reuse podrška	• JTAG ili 2-pin Serial Wire Debug •Podrška za višeprocesorki rad •Debagovanje u realnom vremenu

Cortex-M3/M4 osnovne karakteristike

Arhitektura	ARMv7-M (Harvard)
Instrukcijski set	Thumb® / Thumb-2
Protočna obrada	3-stepena + spekulacija skoka
***Dhrystone* test**	1.25 DMIPS/MHz
MPU	Optional 8 region
Prekidi	NMI + 1 to 240 physical interrupts
Kašnjenje prekida	12 taktnih ciklusa
Kašnjenje gnježdenja prekida	6 taktnih ciklusa
Nivoi prioriteta prekida	8 do 256 nivoa prioriteta
Prekidni kontroler	Do 240 prekida
Redukcija potrošnje	Sleep/deep sleep modovi rada
Bit-operacije	Integrisane instrukcije (atomske)
Posebne instrukcije	HW deljenje (2-12 ciklusa) & množenje (32x32) 1 ciklus.
Podrška za debagovanje	Opciono JTAG & Serial-Wire Debug portovi.

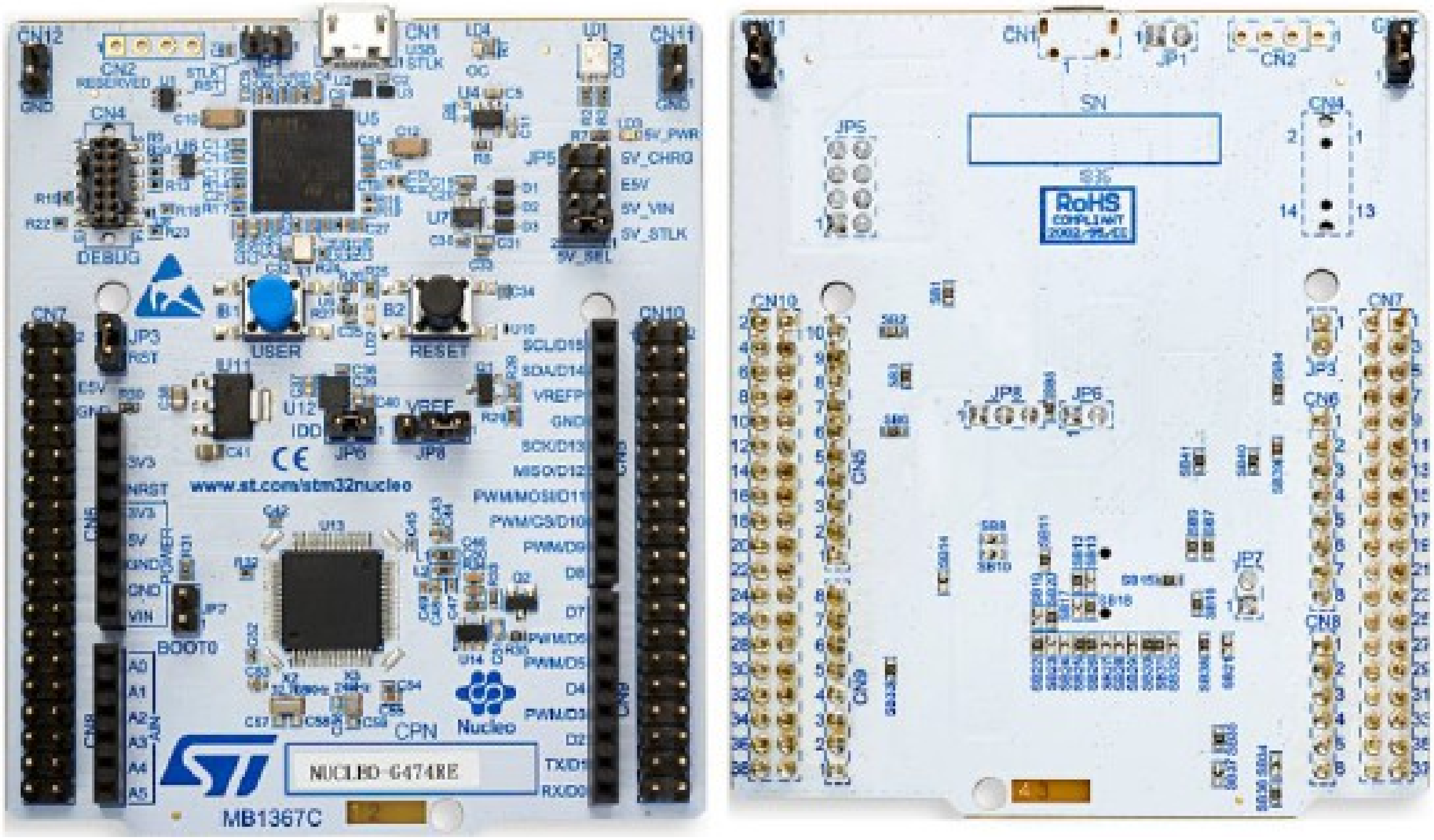

Interrupts
External DMA Controller
AHBS
Cortex-M7
Debug & Trace
Debug Interface
WIC
NVIC
FPU
ETM-M7
Instruction TCM
ITCM
Cortex-M7 Processor
Instrumentation Trace Macrocell
Trace Interface
Data Watchpoint Unit
D0TCM
Data TCM
Breakpoint Unit
I Cache
MPU
D Cache
D1TCM
ROM Tables
AHB Peripheral System
AXI-M
Cross Trigger Interface
AHBP
Main System Memory

- Moguća alternativa
- Otvorena RISC platforma
- University of California, Berkeley.
- http://riscv.org/

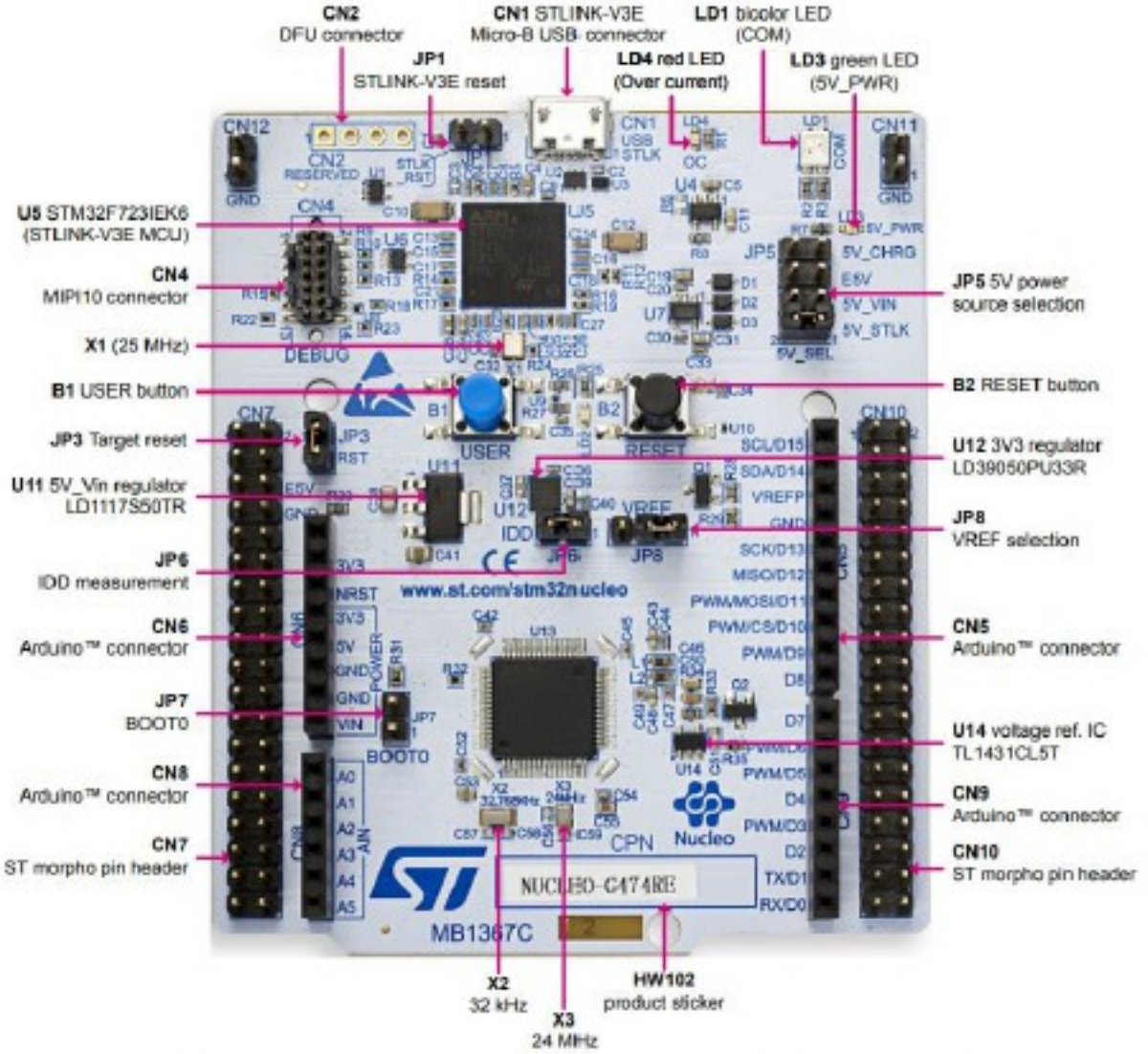
	ARM Cortex-A5	RISC-V Rocket	Ratio
Width (bits)	32	64	2x
Frequency	>1GHz	>1GHz	1x
Dhrystone Performance (Dmips/MHz)	1.57	1.72	1.1x
Area (no caches)	0.27mm^2	0.14mm^2	0.5x
Area (16 KB caches)	0.53mm^2	0.39mm^2	0.7x
Area Efficiency (Dmips/MHz/mm^2)	3.0	4.4	1.5x
Dynamic Power (mW/MHz)	<0.080	0.034	≥0.4x

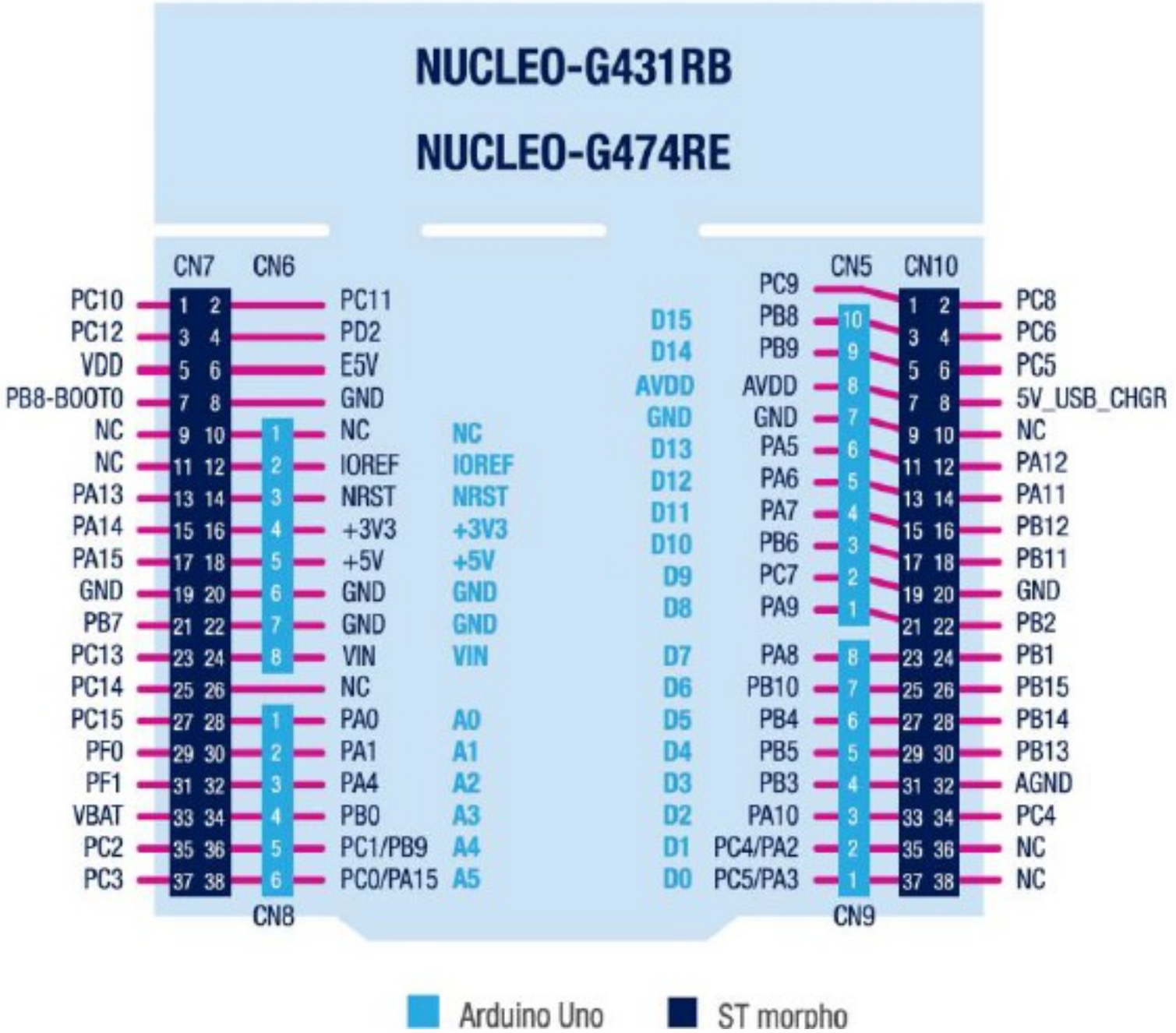
Карактеристике Nucleo плоче STM32G474RE

- STM32G4 микроконтролер (Arm® Cortex®-M4 са 170 MHz) у LQFP64 пакету који садржи:
  - 128 KBytes флеш меморије и 32 Kbytes SRAM меморије за STM32G431RBT6,
  - 512 KBytes флеш меморије и 96 Kbytes SRAM меморије за STM32G491RET6,
  - 512 KBytes флеш меморије и 128 Kbytes SRAM меморије за STM32G474RET6.
- Потпуно компатабилан са STM32G473RET6 (512 Kbytes флеш меморије и 128 Kbytes SRAM меморије),
- 1 корисничка LED диода,
- 1 корисничко дугме и 1 дугме за рестартовање,
- 32.768 kHz LSE кристални осцилатор,
- 24 MHz HSE уграђени осцилатор,
- Конектори на плочи:
  - USB са Micro-AB,
  - MIPI® конектор за дебаговање,
  - ARDUINO® Uno V3 проширени конектор и
  - ST morpho проширени пин хедери за пун приступ улазима/излазима свих STM32G4 микроконтролера.
- Флексибилне опције напајања: ST-LINK, USB VBUS, или спољашњи извори,
- Уграђени дебагер/програмер STLINK-V3E са USB способношћу поновног набрајања: масовна меморија, виртуелни COM порт и дебаг порт,
- Свеобухватне библиотеке бесплатног софтвера и примери доступни за STM32CubeG4 MCU пакет,
- Подршка широком избору интегрисаних развојних окружења укључујући: IAR Embedded Workbench®, MDK-ARM, и STM32CubeIDE.


USER
RESET
DEBUG
www.st.com/stm32nucleo
Nucleo
MB1367C
RoHS

Преко конектора CN1 врши се напајање плоче са рачунаром. Изглед плоче са периферијама је приказан на слици 2.





Aleksandar Peulić

Слика 4. STM32CubeMX

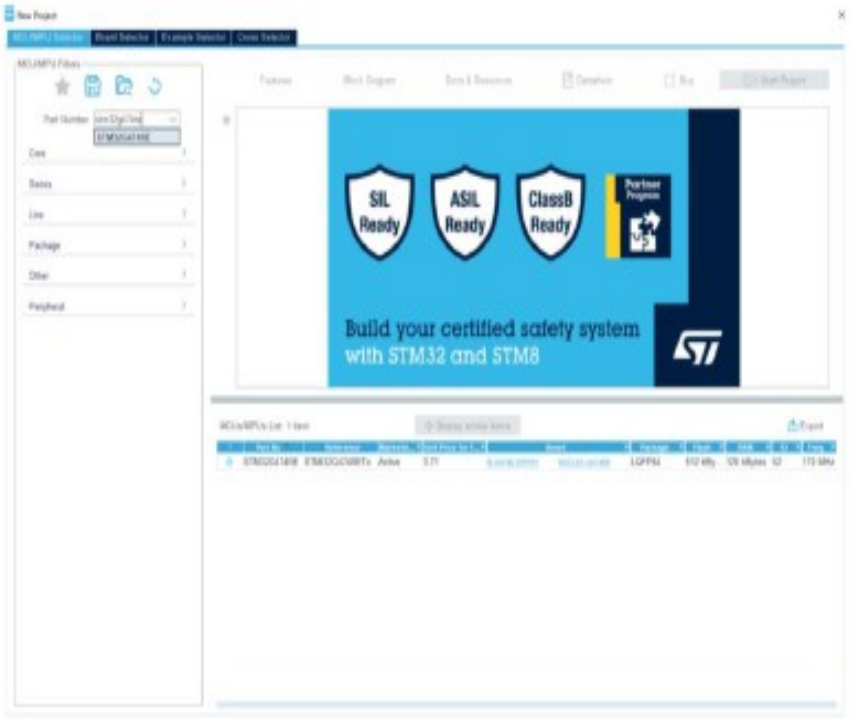
IAR Embedded Workbench

Слика 5. IAR Embedded Workbench IDE

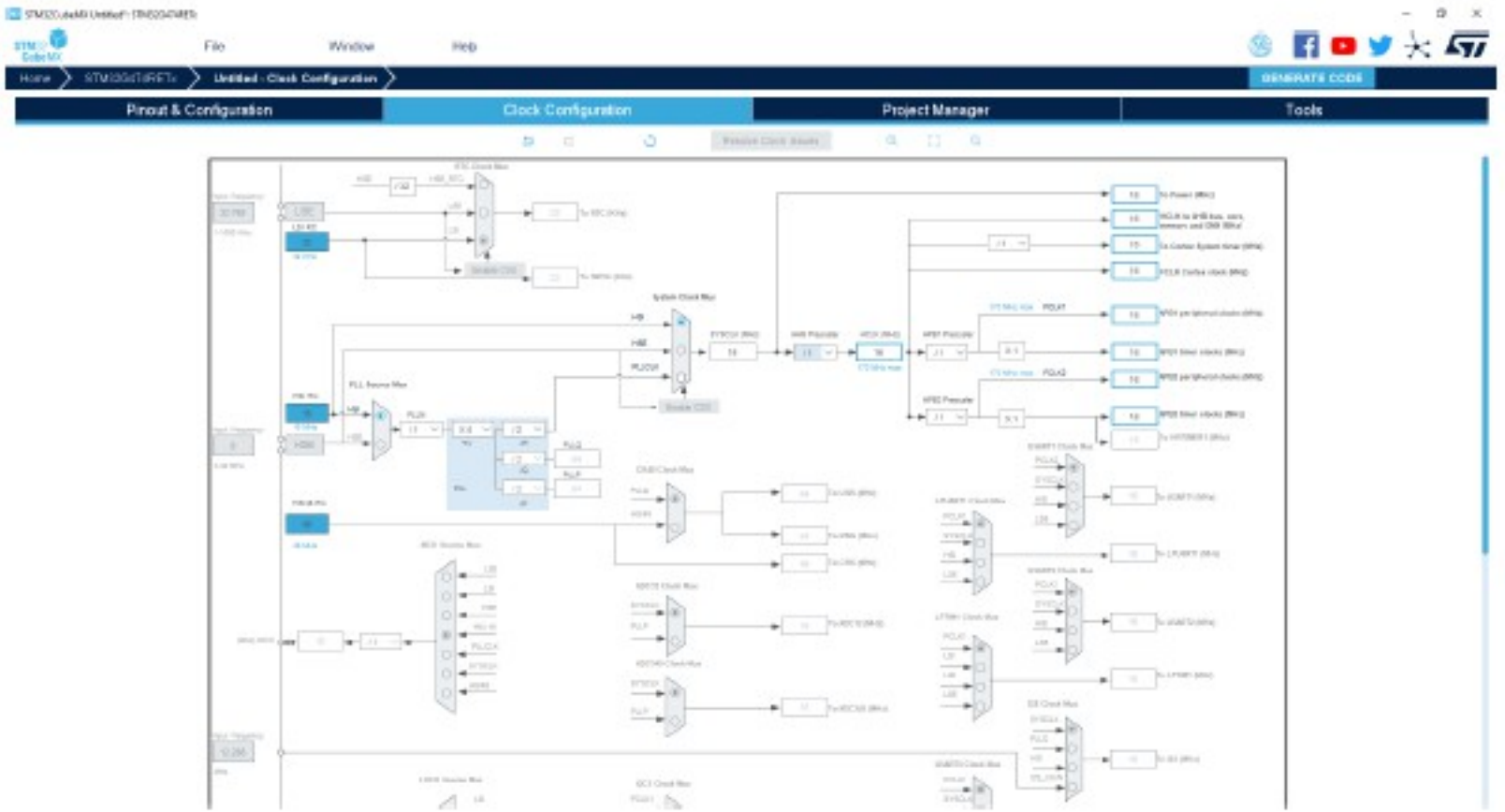
- EWARM – IAR,
- MDK-ARM – Keil,
- SW4STM32 – Eclipse,
- STM32CubeIDE – интегрисано развојно окружење за STM32,
- Makefile – Visual Studio Code,
- Other Toolchains (GPDSC) – остали алати.

ST-LINK V2 programator

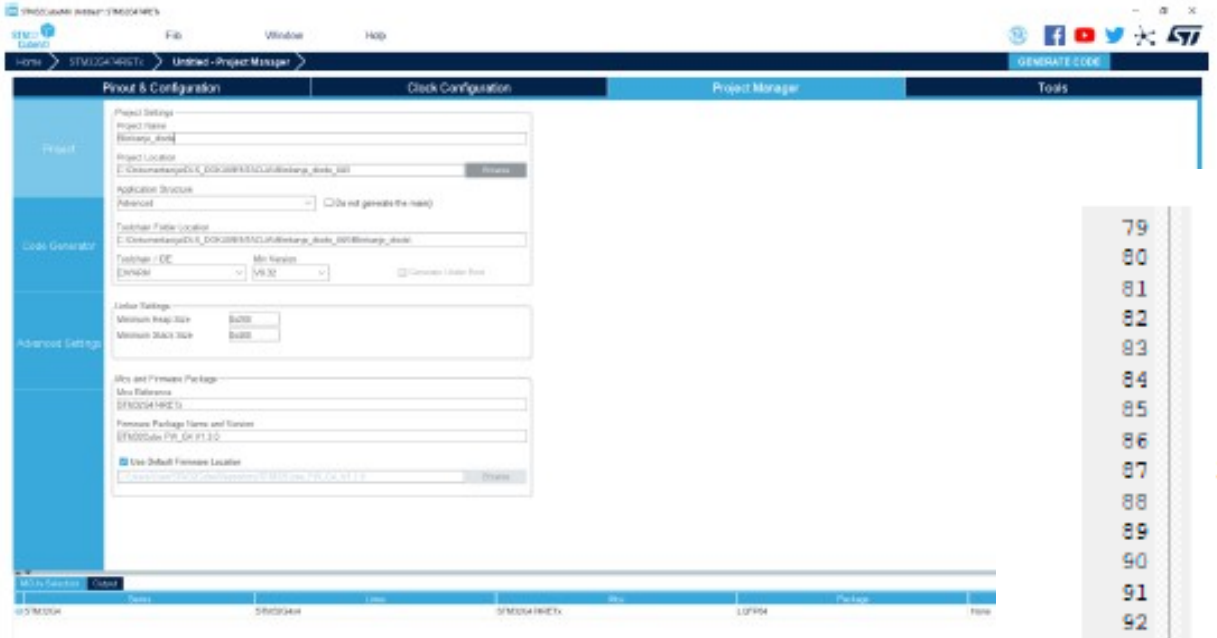
Programiranje: Konfiguracija, odabir mikrokontolera



Konfiguracija takta

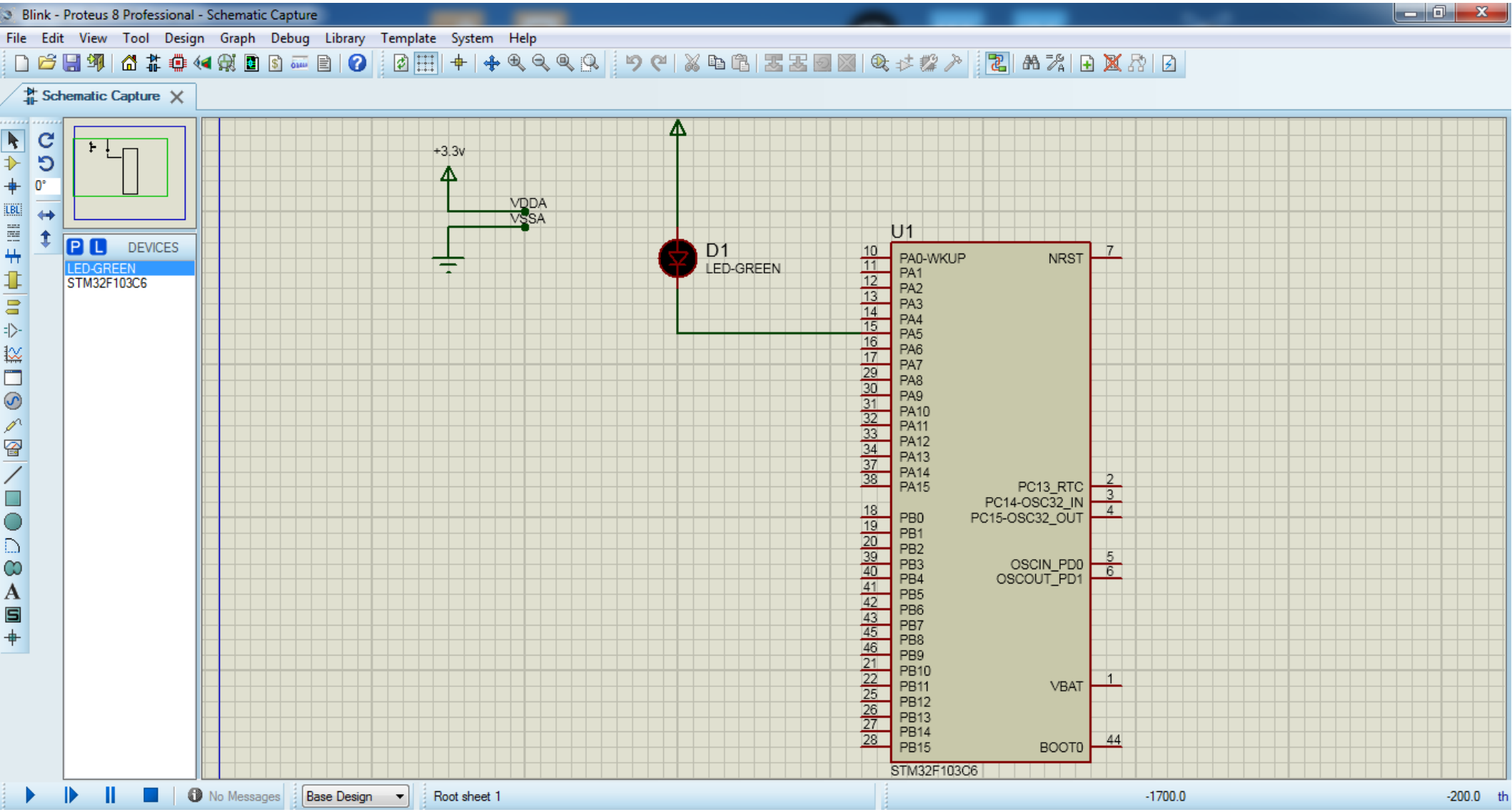


Izbor radnog okruzenja, generisanje koda




```
79    /* Configure the system clock */
80    SystemClock_Config();
81
82    /* USER CODE BEGIN SysInit */
83
84    /* USER CODE END SysInit */
85
86    /* Initialize all configured peripherals */
87    MX_GPIO_Init();
88    /* USER CODE BEGIN 2 */
89
90    /* USER CODE END 2 */
91
92    /* Infinite loop */
93    /* USER CODE BEGIN WHILE */
94    while (1)
95    {
96      /* USER CODE END WHILE */
97    HAL_GPIO_TogglePin(LED_GPIO_Port, LED_Pin);
98    HAL_Delay(1000);
99      /* USER CODE BEGIN 3 */
100   }
101   /* USER CODE END 3 */
102 }
103
```

Proteus 8 simulacija



Aleksandar Peulić