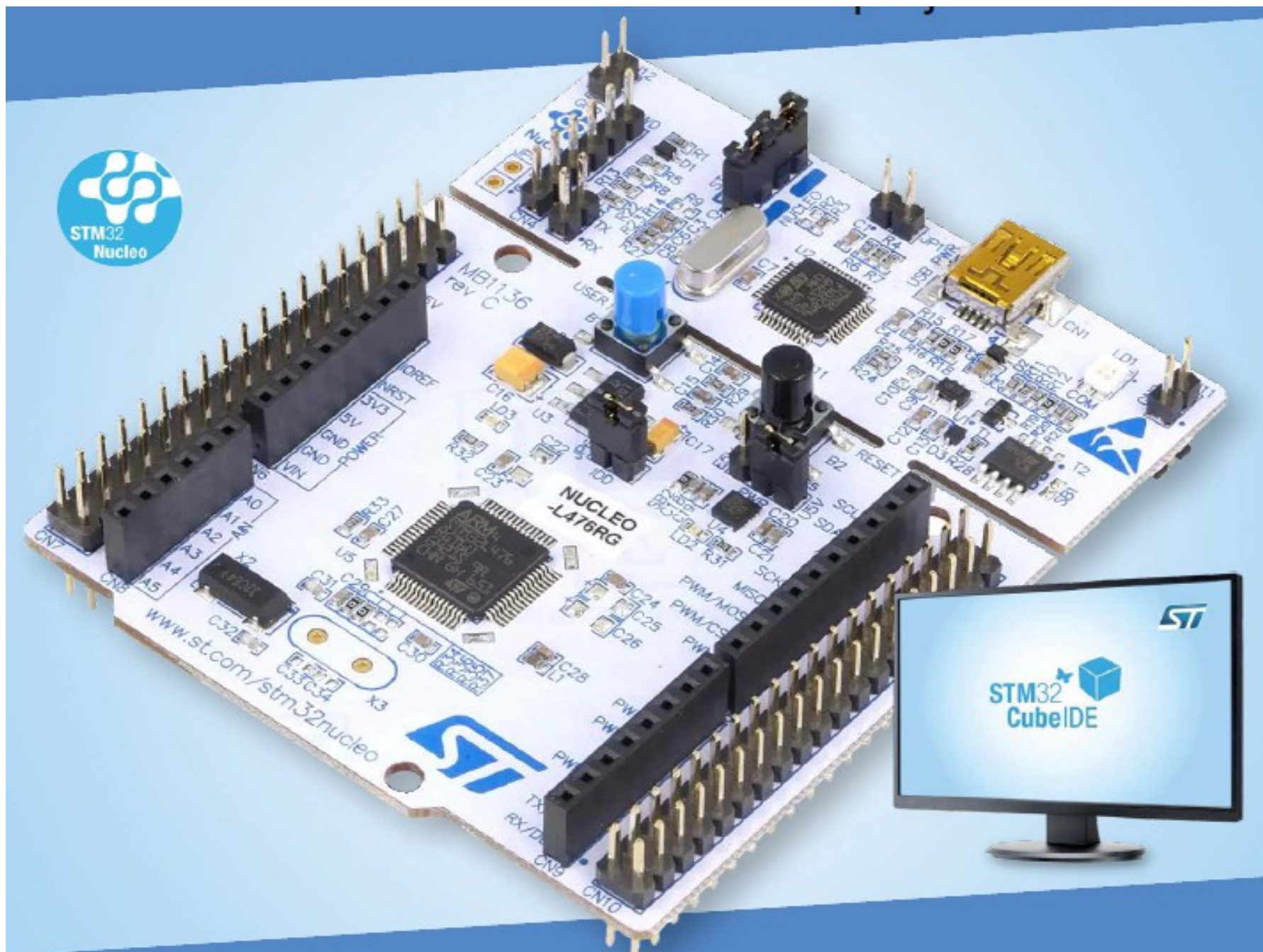




Arm

- Arm (ranije oznacavano kao ARM) je porodica procesora zasnovanih na RISC arhitekturi koji zahteva manje tranzistora od konvencionalnih procesora.
- Kao rezultat ove cinjenice, procesori Arm koštaju manje, imaju smanjenu potrošnju energije i stoga su pogodni za upotrebu u prenosivim uređajima koji koriste baterijsko napajanje.
- Trenutno, veliki procenat pametnih telefona, laptopovi, tablet računari i prenosivi uređaji za igre su dizajnirani koristeći arhitekturu Arm.

Arm

- Većina Arm procesora ima 32-bitni set instrukcija sa podrškom za pokretni zarez(floating point).
- Procenjuje se da je u 2017. godini proizvedeno preko 100 milijardi Arm procesora.
- Arm-Cortex je porodica 32-bitnih RISC procesora koja se sastoji od Cortex-M0/M0+/M1/M3 i Cortex-M4.
- U poslednje vreme dostupni su novi modeli kao što su Cortex-M23,Cortex-M33,Cortex-M35P, Cortex-M55...
- Iako su 8-bitni mikrokontroleri bili veoma popularni u prošlosti, uređaji Cortex M serije su postali široko rasprostranjene zamene.

Arm STM32

- STM32 Nucleo familiju procesora proizvodi STMicroelectronics.
- To su jeftine razvojne ploče za mikrokontrolere Arm.
- Stm nudi besplatni alat za razvoja softvera STM32CubeIDE koji se može besplatno preuzeti sa web lokacije STMicroelectronics.
-
- <https://www.st.com/>

Stm32 Nucleo

- STMicroelectronics je kompanija sa reputacijom kvalitetnog razvoja kako samih mikrokontrolera tako i alata za razvoj hardvera i softvera.
- Nucleo porodica jeftinih razvojnih ploča sastoji se od malih ali moćnih ploča zasnovanih na 32-bitnoj Arm korteks arhitekturi.
- Ovi razvojni sistemi namenjeni su za širok spektar korisnika, uključujući studente, profesionalne inženjere i hobiste na svim nivoima.
- Razvojne ploče su kompatibilne sa popularnim Arduino, Mbed, ST-LINK i ST Morpho, čineći ih dostupnim za koriscenje korisnicima sa različitim predznanjem.

Stm32 Nucleo

- Postoji preko 30 različitih vrsta ploča u porodici Nucleo, čiji je cilj da zadovolje potrebe skoro svih vrsta korisnika.
- Nukleo ploče su dostupne u tri različite veličine: male (Nucleo-32), srednje (short) (Nucleo-64) i velike(long) Nucleo-144) gde se brojevi odnose na broj pinova MCUs.
- Ove tri grupe su dalje podeljene u tri podgrupe: ultra male snage (zelena), mainstream (plava) i visokih performansi (magenta).
- Ploče ultra male snage su zasnovane na STM32 L porodici i ove ploče su namenjene za aplikacije male snage, kao što su satovi, pametna brojila itd. Primeri ovih ploča su:
Nucleo-L011K4, Nucleo-L031K6 i Nucleo-L432KC.

Stm32 Nucleo

- Postoje tri potkategorije u porodici STM32 L:
- L0, Arm Cortex-M0+
- L1, Arm Cortex-M3
- L4, Arm Cortex-M4
- Oko polovina STM32 Nucleo ploča je u mainstream kategoriji.
- Primeri ovih vrsta ploča su:
Nucleo-F303K8, Nucleo-F042K6, Nucleo-F303RE itd.
- Tri potkategorije u glavnoj kategoriji:
- F0, Arm Cortex-M0+
- F1, Arm Cortex-M3
- F3, Arm Cortex-M4

Stm32 Nucleo

- Ploče visokih performansi imaju veliku memoriju i brže MCU-ove.
- Primeri ploca visokih performansi su:
Nucleo-F410RB, Nucleo-F401RE, Nucleo-F722ZE itd.
- Tri potkategorije u kategoriji visokih performansi:
 - F2, Arm Cortex-M3
 - F4, Arm Cortex-M4
 - F7, Arm Cortex-M7

Stm32 Nucleo

- Nucleo-32 ploče su male (50 mm × 19 mm) i kompatibilne su sa Arduino Nano.
- Nucleo-64 i Nucleo-144 su kompatibilne sa Arduino Uno i takođe imaju ST Morpho proširenje konektori koji nose MCU pinove.
- Postoji veliki broj Arduino Nano/Uno kompatibilnih uređaja dostupni na tržištu i ovi uređaji se lako mogu koristiti sa Nucleo pločama, što olakšava brz razvoj projekata zasnovanih na njima.
- U zavisnosti od modela, Nucleo ploče imaju veličine fleš programske memorije od 16 KB do 2 MB i RAM memorije od 4 KB do 320 KB.
- Frekvencija takta varira od 32 MHz do 216 MHz

Slika prikazuje poređenje Nucleo ploča (preuzeto sa sajta stm)

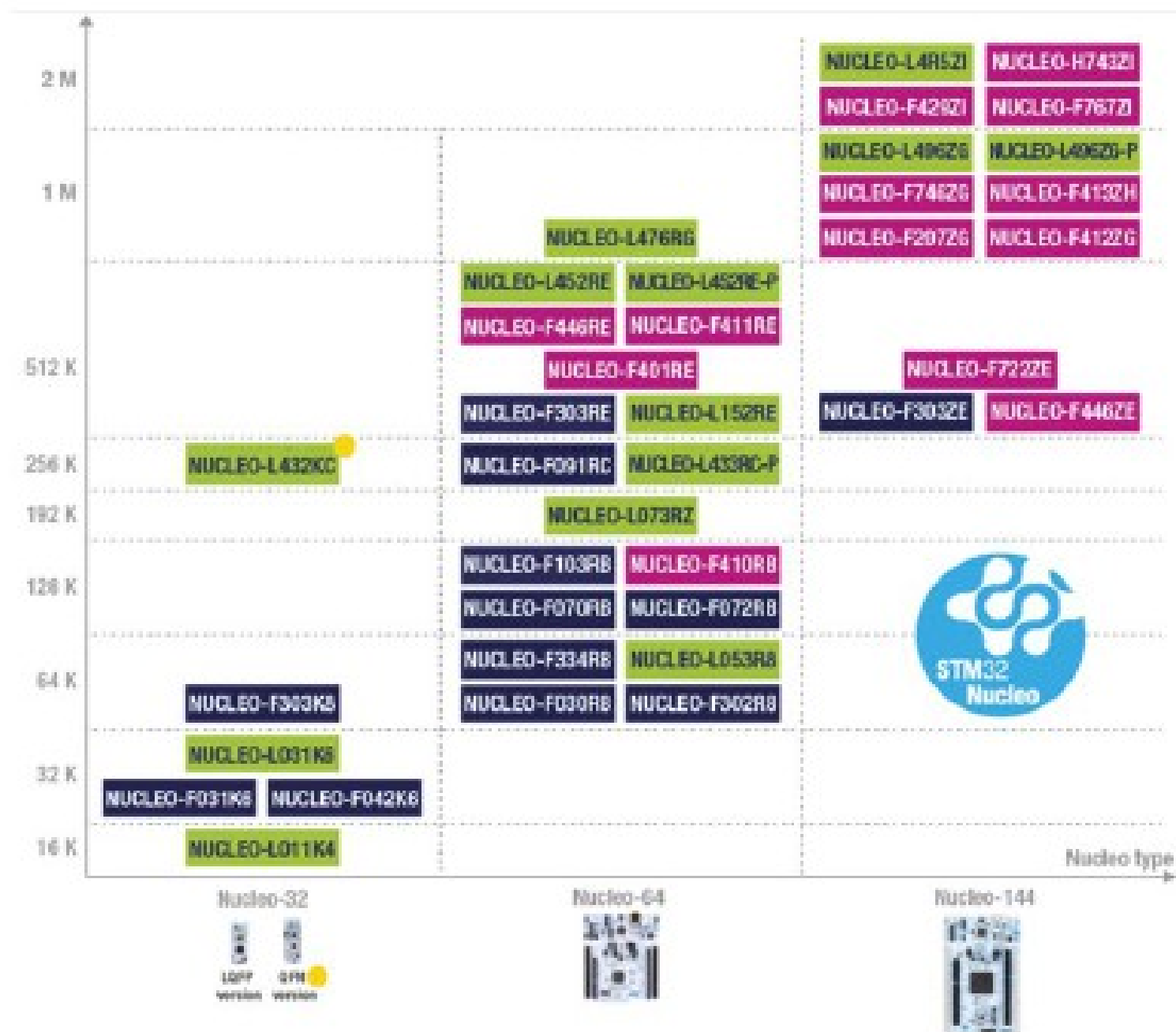


Tabela prikazuje familiju procesora STM32 i njihove osnovne specifikacije.

Code	Processor	Max. speed (MHz)	Max. flash (KB)	Description
F0	Cortex-M0	48	256	Widely used
F1	Cortex-M3	72	1024	Widely used
F2	Cortex-M3	120	1024	High performance
F3	Cortex-M4	72	512	Widely used
F4	Cortex-M4	180	2048	High performance
F7	Cortex-M7	216	2048	High performance
H7	Cortex-M7	400	2048	High performance
L0	Cortex-M0	32	192	Low power
L1	Cortex-M3	32	512	Low power
L4	Cortex-M4	80	1024	Low power
L4+	Cortex-M4	120	2048	Low power

STM32 procesori su numerisani na sledeći način:

STM32xyyzpqr

Gde

xx predstavlja kod(code) procesora kao što je prikazano u tabeli na prethodnom slajdu

yy je broj;

z je broj pinova MCU-a kao što je prikazano usledеcoj tabeli

Code (z)	Pin count
A	169
B	208
C	48
F	20
G	28
H	40
I	176
J	72
K	32
M	81
N	216
Q	132
R	64
T	36
U	63
V	100
Z	144

p je veličina fleš memorije kao što je prikazano u tabeli

Code (p)	Flash memory (KB)
4	16
6	32
8	64
B	128
Z	192
C	256
D	384
E	512
F	768
G	1024
H	1536
I	2048

q je tip kućišta procesora kao što je prikazano u tabeli

Code (q)	Casing
T	LQFP
H	UFBGA
Y	WLCSP

r je opseg radne temperature kao što je prikazano u tabeli

Code (r)		Temperature range
6		-40 to 85 °C
7		-40 to 105 °C

Primer tipa procesora:

STM32L031K6T6

STM32xxyyzpqr:

L0 family,

number **31**,

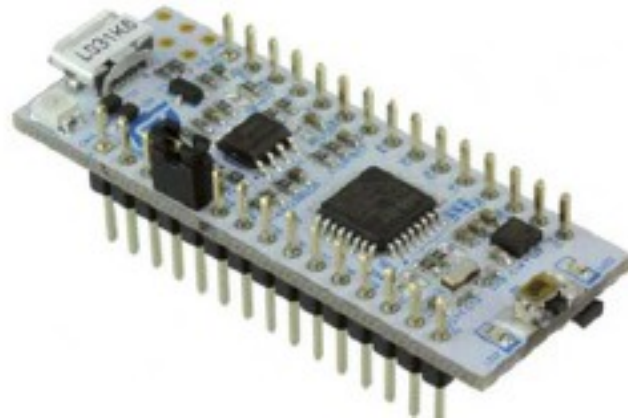
32 pin device,

32 KB flash memory,

LQFP type packaging,

-40 to 85 oC operating temperature range.

Nucleo-L031K6



- Slika prikazuje primer Nucleo-32 ploče, Nucleo-L031K6.
- Ovo je jeftina ploča ultra-male snage, bazirana na mikrokontroleru STM32L031K6T6.
- Ploča je Arduino Nano kompatibilna omogućava da se mnogi Arduino uređaji koriste sa pločom.

Nucleo-L031K6

- Ova ploca ima sledeće karakteristike:
- 32 MHz Cortex M0+ mikrokontroler u 32-pinskom kućištu
- 32 KB fleš memorije
- 8 KB RAM-a
- 1 KB EEPROM
- Sat realnog vremena
- Serijski interfejsi (USART, SPI i I2C)

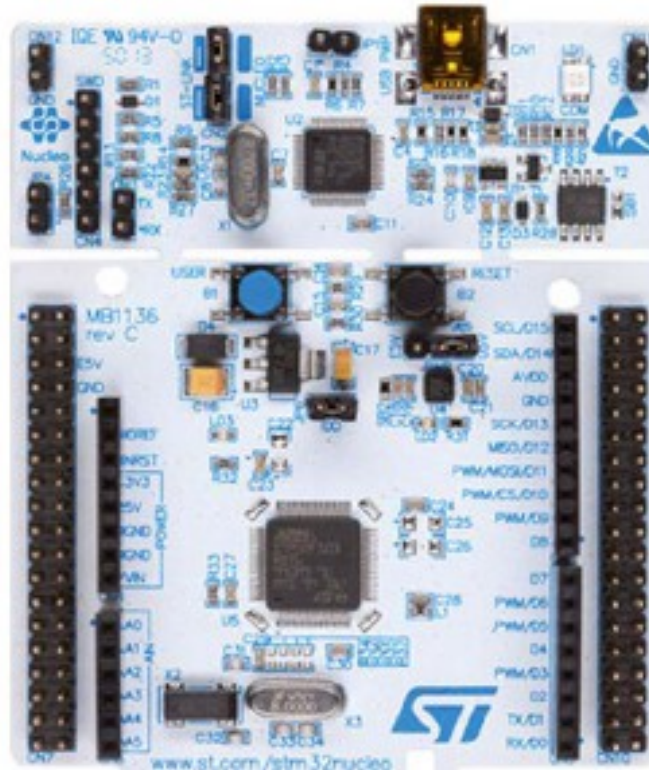
Nucleo-L031K6

- Ova ploca ima sledeće karakteristike:
- 32 MHz Cortex M0+ mikrokontroler u 32-pinskom kućištu
- 32 KB fleš memorije
- 8 KB RAM-a
- 1 KB EEPROM
- Sat realnog vremena
- Serijski interfejsi (USART, SPI i I2C)

Nucleo-L031K6

- Serijski interfejsi (USART, SPI i I2C)
- Tri LED diode (USB komunikacija, napajanje, korisnik)
- Reset taster
- Fleksibilne opcije napajanja: ST-LINK USB VBUS ili eksterni izvori
- Arduino Nano kompatibilni konektor za proširenje
- ST-LINK/V2-1 debager/programator sa virtuelnim COM portom i
- port za otklanjanje grešaka
- Podrška za softver za integrisano razvojno okruženje (IAR, Keil, Arm Mbed, IDE zasnovani na GCC-u).

Nucleo-F091RC



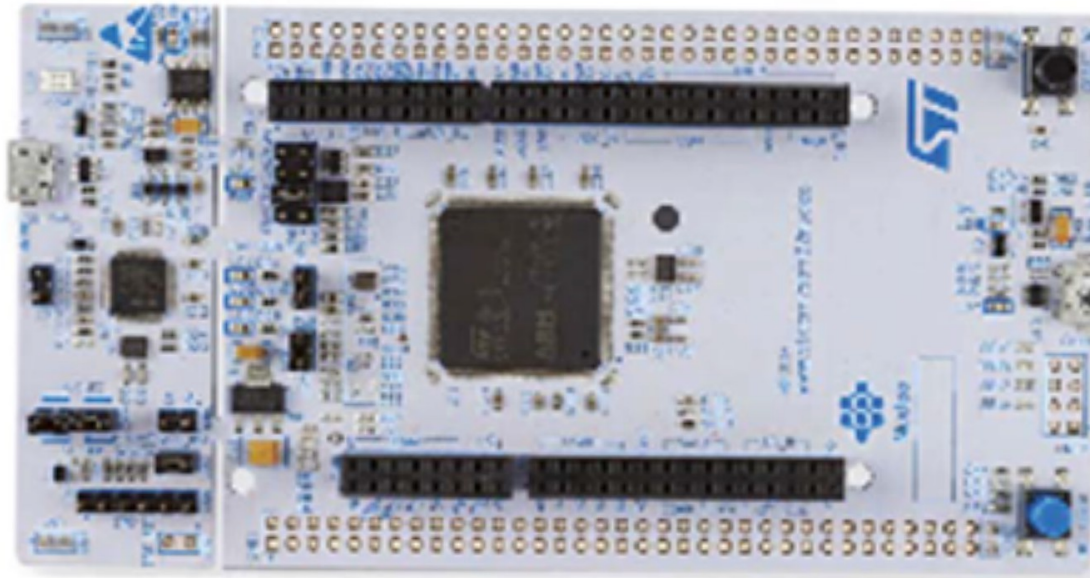
Slika prikazuje primer Nucleo-64 ploče, Nucleo-F091RC. Ovo je mejnstrim ploča koja sadrži 64-pinski MCU. Ploča je kompatibilna sa Arduino Uno uređajima.

Nucleo-F091RC

Ova ploca ima sledeće karakteristike:

- Jedna korisnička LED dioda
- Prekidač sa jednim korisničkim dugmetom
- 32.768 kHz kristalni oscilator
- ST morpho konektor
- Arduino Uno konektor za proširenje
- Fleksibilne opcije napajanja: ST-LINK USB VBUS ili eksterni izvori
- ST-LINK/V2-1 debager/programator sa virtuelnim COM portom i port za otklanjanje grešaka
- Podrška integrisanih razvojnih okruženja (IAR, Keil, Arm Mbed, IDE zasnovani na GCC-u)

Nucleo-F722ZE



Slika prikazuje primer ploče Nucleo-144, Nucleo-F722ZE. Ovo je ploča visokih performansi sa 144-pinskim MCU-om. Ploča je kompatibilna sa Arduino Uno.

Nucleo-F722ZE

Karakteristike ove ploče su:

- Ethernet kompatibilna sa RJ45 konektorom
- ST morpho konektor
- ST-LINK/V2-1 debager/programator sa virtuelnim COM portom i port za otklanjanje grešaka
- ST Zio konektor
- 3 korisničke LED
- 2 tastera
- 32.768 kHz kristalni oscilator
- Fleksibilne opcije napajanja: ST-LINK USB VBUS ili eksterni izvori
- Podrška integrisanih razvojnih okruženja (IAR, Keil, Arm Mbed, IDE zasnovani na GCC-u)

STM32 Nucleo procesori

Izbor mikrokontrolera za određenu primenu zavisi od mnogih faktora kao što su:

- cena
- brzina
- potrošnja struje
- veličina
- broj digitalnih i analognih ulazno/izlaznih portova
- struja digitalnog ulazno-izlaznog porta
- rezolucija i tačnost analognog porta
- veličine memorije programa i podataka
- upravljanje prekidima

STM32 Nucleo procesori

- Na primer, ako treba da se razvije baterisjki napajan uređaj kao što je mobilni telefon ili uređaj za igre, onda su veoma visoka brzina takta kao i dugo trajanje baterije glavni zahtevi.
- Ali ako se razvija kontroler semafora, tada vrlo visoke performanse nisu uslov.
- Generalno, kako brzina takta raste, tako raste i potrošnja energije i kao rezultat toga treba napraviti kompromis u izboru mikrokontrolera za konkretnu primenu.

Cortex-M

- Cortex-M serija je izgrađena oko ARMv6-M arhitekture (Cortex-M0 i Cortex-M0+) i ARMv7-M arhitekture (Cortex-M3 i Cortex-M4).
- Ovi procesori su posebno dizajnirani za tržište mikrokontrolera, nudeći brz odgovor na prekid, nisku potrošnju energije, nisku cenu, prilično visoke performanse i jednostavnost upotrebe.
- Cortex-M3 i Cortex-M4 su veoma slični u arhitekturi i imaju isti skup instrukcija (Thumb 2) s tom razlikom što Cortex-M4 nudi mogućnost digitalne obrade signala (DSP) i ima opcionu jedinicu sa pokretnim zarezom (FPU).

Cortex-M

- Cortex-M4 sa svojim DSP-om i pokretnim zarezom je idealan procesor za IoT i prenosne uređaje.
- Za aplikacije kod kojih su važni troškovi i aplikacije nižih performansi mogu se koristiti Cortex-M0 ili Cortex-M0+.
- Cortex-M0 procesor ima mali broj kapija (12K gejtova) i troši samo 12,5 $\mu\text{W}/\text{MHz}$.
- Cortex-M0+ troši samo 9,85 $\mu\text{W}/\text{MHz}$ i zasnovan je na podskupu Thumb 2 skup instrukcija i njegove performanse su nešto veće od Cortex-M0 i ispod Cortex-M3 i Cortex-M4.
- Cortex-M7 je procesor visokih performansi koji može da podnese brzi DSP i operacije sa pokretnim zarezom sa jednom ili dvostrukom preciznošću i uglavnom se koristi u aplikacijama gde su potrebne veće performanse od Cortex-M4.

Cortex-R

- Serije Cortex-R su procesori boljih performansi za rad u realnom vremenu od Cortex-M i neki članovi su dizajnirani da rade na visokim taktovima većim od 1 GHz.
- Ovi procesori se obično koriste u kontrolerima za hard disk, mrežnim uređajima, automobilskim aplikacijama i u specijalizovanim aplikacijama za koje su potrebne velike brzine.
- Cortex-R4 i Cortex-R5 su starije generacije i mogu se koristiti na taktovima do 600 MHz.
- Cortex-R7 je novije generacije koji uključuje 11-stepeni pipeline za visoke performanse i može da radi na više od 1 GHz.
- Arhitektura Cortex-R procesora je složena i ovi procesori troše veliku energiju, što ih čini neprikladnim za upotrebu u mobilnim ili uređajima koji za napajanje koriste baterije.

Cortex-A

- Cortex-A su Arm procesori najviših performansi dizajnirani za rad u realnom vremenu operativnih sistema u mobilnim aplikacijama kao što su mobilni telefoni, tableti, GPS uređaji i tako dalje.
- Ovi procesori podržavaju napredne funkcije za operativne sisteme kao što su Android, iOS, Linux, Windows itd.
- Pored toga, podržano je napredno upravljanje memorijom sa virtuelnom memorijom.
- Stariji članovi porodice uključivali su procesore kao što je Cortex-A5 do Cortex-A17, zasnovane na ARMv7-A arhitekturi.
- Najnoviji članovi porodice su Cortex-A50 i Cortex-A72 serije dizajnirane za mobilne uređaje male snage i aplikacije veoma visokih performansi .
- Ovi procesori su napravljeni korišćenjem arhitekture ARMv8-A koja nudi 64-bitni energetski efikasan rad sa mogućnošću više od 4 GB fizičke memorije.

Cortex-M poredjenje

- Poređenje različitih procesora serije Cortex-M dato je u Tabeli:

Processor	Description
Cortex-M7	High performance processor, used in applications where Cortex-M4 is not fast enough, supports DSP and single and double precision arithmetic
Cortex-M4	Similar architecture as the Cortex-M3 but includes DSP and floating point arithmetic, used in high-end microcontroller type applications
Cortex-M3	Very popular, low power consumption, medium performance, debug features, used in microcontroller type applications
Cortex-M1	Designed mainly for programmable gate array applications
Cortex-M0+	Lower power consumption and higher performance than the Cortex-M0
Cortex-M0	Low power consumption, low to medium performance, smallest Arm processor

Cortex-M poredjenje

- Kao što se može videti iz ove tabele, Cortex-M0 i Cortex-M0+ se koriste za aplikacije koje zahtevaju malu brzinu i malu potrošnju.
- Cortex-M1 je optimizovan za upotrebu u PGA(programmable gate array) aplikacijama .
- Cortex-M3 i Cortex-M4 su procesori srednje snage koji se koriste u aplikacijama koje zahtevaju DSP i aritmetičke operacije sa pokretnim zarezom.
- Cortex-M7 je član porodice visokih performansi koji se koristi u aplikacijama koje zahtevaju bolje performanse od Cortex-M4.

Merenje performansi procesora

- Performanse procesora se obično mere pomoću programa za merenje performansi.
- Ima ih mnogo i treba biti oprezan kada se porede rezultati za različite procesore jer performanse zavise od mnogih spoljnih faktora kao što su efikasnost korišćenog kompajlera i vrsta operacije koja se izvodi za merenje.
- U prošlosti je bilo mnogo pokušaja da se izmere performanse procesora kao jedan broj.
- Na primer, MOPS, MFLOPS, Dhrystone, DMIPS, BogoMIPS i tako dalje.

Merenje performansi procesora

- U današnje vreme CoreMark je jedan od najčešće korišćenih benčmark programa koristi se za merenje performansi procesora.
- CoreMark je razvio Embedded Microprocessor Benchmark konzorcijum (EEMBC, www.eembc.org/coremark) i jedan je od najpouzdanijih dostupnih alata za merenje performansi.
- Tabela na sledecem slajdu prikazuje CoreMark rezultate za neke uobičajeno korišćene mikrokontrolere.

Merenje performansi procesora

- Kao što se može videti iz ove tabele, Cortex-M7 postiže 5,01 CoreMark/MHz, dok PIC18 mikrokontroler postiže samo 0,04 CoreMark/MHz.

Processor	CoreMark/MHz
Intel Zeus	8.01
Cortex-M7	5.01
Cortex-A9	4.15
Espressif ESP32	4.13
Cortex-M4	3.40
Cortex-M3	3.32
Cortex-M0+	2.49
Espressif ESP8266	2.38
Cortex-M0	2.33
dsPIC33	1.89
PIC24	1.88
MSP430	1.11
PIC18	0.04

Cortex-M kompatibilnost

- Procesori iz porodice Cortex su međusobno kompatibilni naviše.
- Cortex-M0 i Cortex-M0+ procesori zasnovani na ARMv6-M arhitekturi, koristeći Thumb set instrukcija.
- Sa druge strane, Cortex-M3, Cortex-M4 i Cortex-M7 su zasnovani na ARMv7-M arhitekturi, koriste skup instrukcija Thumb 2 koji je nadskup instrukcije Thumb.
- Iako su arhitekture različite, softveri razvijen na Cortex-M0 i Cortex-M0+ procesorima mogu da rade na Cortex-M3, Cortex-M4 i Cortex-M7 procesorima bez ikakvih modifikacija pod uslovom da su dostupni potrebni memorijski i ulazno-izlazni portovi.

Izbor procesora

- Programerima će možda biti teško da izaberu pravi STM32 procesor za odgovarajući projekat.
- STMicroelectronics nudi alat za izbor MCU-a koji olakšava izbor procesora sa funkcijama od interesa.
- Ovaj alat je dostupan na sledećoj veb lokaciji:
- <http://www.st.com/web/en/catalog/mmc/FM141/SC1169>

Izbor sofvera

STM32 Nucleo Software Development Tools (Toolchains)

Izbor sofvera

- Nucleo ploče I razvoj uređaja baziranim na arm stm32 arhitekturi podržane su sa nekoliko alata za razvoj softvera u obliku Integriranih razvojnih okruženja (IDE).
- Uopšteno govoreći, većina IDE-ova obezbeđuje ugrađeni uređivač teksta, kompajler, debager, simulator i alat za učitavanje programa tako da se razvijeni programski kod može učitati u programsku memoriju ciljnog mikrokontrolera.
- Kompajler je obično verzija C/C++.

Izbor sofvera

- Neki od popularnih IDE-ova koji podržavaju Nucleo ploče I Stm su:
- (EWARM) kompanije IAR Systems
- Arm Mbed
- MDK-ARM od Keila
- TrueSTUDIO od Atollic
- STM32 (SW4STM32) od AC6
- STM32CubeIDE

(E)WARM) kompanije IAR Systems

- Ovo je profesionalni kompajler koji je razvio IAR Systems.
- Kompajler je zasnovan na visoko optimizujućem C/C++ i podržava uređaje zasnovane na Arm Cortex-M0, Cortex-M0+, Cortex-M3, Cortex-M4 i Cortex-M7.
- Dostupan je Debugger sa simulatorom.
- Dostupne su dve besplatne probne verzije softvera: vremenski ograničena verzija i verzija ograničena veličinom koda. Razlike između ove dve verzije su:

(E)WARM) kompanije IAR Systems

- 30-dnevna vremenski ograničena verzija
- Licenca će isteći nakon 30 dana
- Izvorni kod za runtime biblioteke nije uključen
- Nema podrške za MISRA C
- C-RUN je veličina ograničena na 12 KB koda, isključujući konstantne podatke
- Ograničena tehnička podrška
- Ne sme se koristiti za razvoj komercijalnih proizvoda

(EWARM) kompanije IAR Systems

- Verzija ograničene veličine
- Veličina koda ograničena na 32 KB
- Izvorni kod za runtime biblioteke nije uključen
- Nema podrške za MISRA C
- C-RUN nije dostupan
- Ograničena tehnička podrška

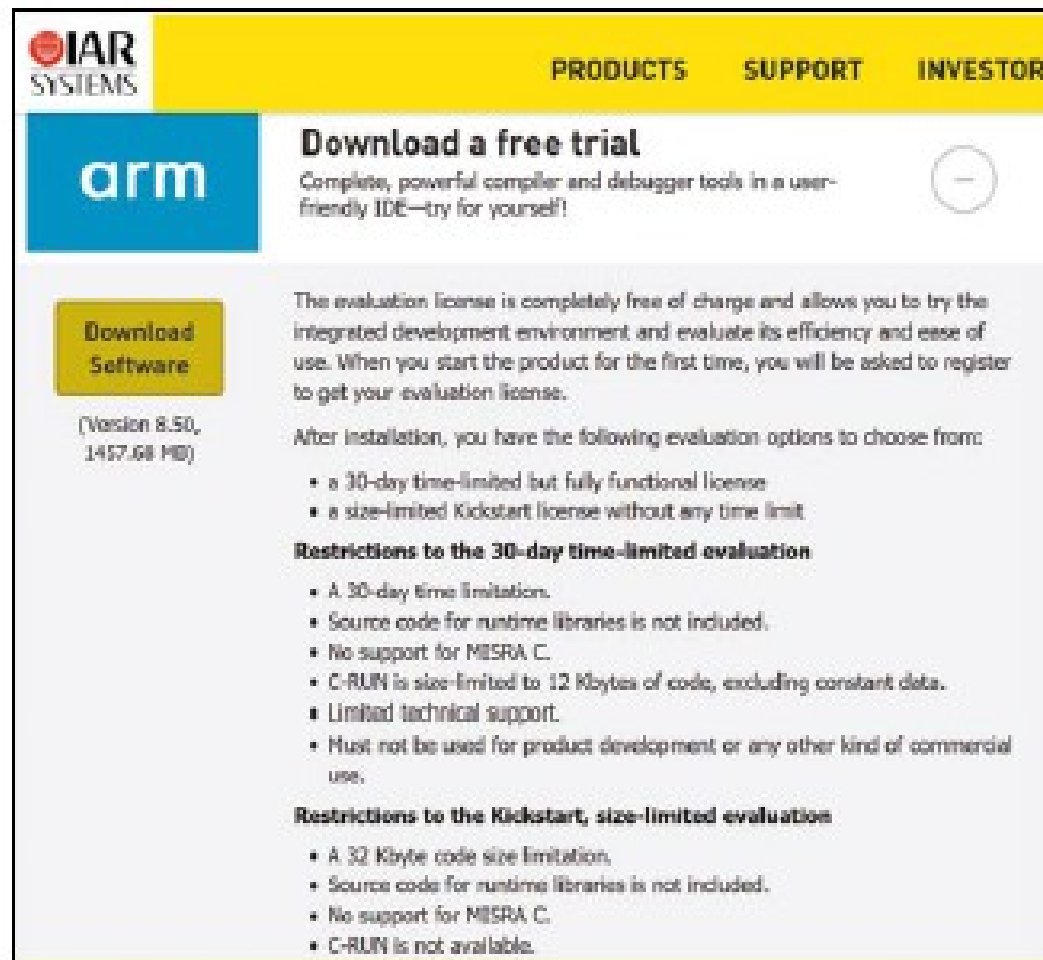
(E)WARM) kompanije IAR Systems

- Kada prvi put pokrenete proizvod od vas će biti zatraženo da se registrujete da biste dobili licencu.
- Izbor između vremenski ograničene verzije i verzije ograničene veličine koda vrsi se nakon instalilacije.

The steps to install the EWARM are as follows:

- Download the IDE from the following link. At the time of writing this book the latest version was 8.50. This IDE occupies about 1.45 GB and has the name EWARM-CD-8505-26295.exe (Figure 3.1):

<https://www.iar.com/iar-embedded-workbench/tools-for-arm/arm-cortex-m-edition/>



The screenshot shows the IAR Systems website with a yellow header containing the IAR Systems logo and navigation links for PRODUCTS, SUPPORT, and INVESTORS. Below the header is a blue banner with the 'arm' logo and the text 'Download a free trial'. To the left of the main content is a yellow button labeled 'Download Software' with the text '(Version 8.50, 1457.68 MB)' below it. The main content area has a light gray background and contains the following text:

Complete, powerful compiler and debugger tools in a user-friendly IDE—try for yourself!

The evaluation license is completely free of charge and allows you to try the integrated development environment and evaluate its efficiency and ease of use. When you start the product for the first time, you will be asked to register to get your evaluation license.

After installation, you have the following evaluation options to choose from:

- a 30-day time-limited but fully functional license
- a size-limited Kickstart license without any time limit

Restrictions to the 30-day time-limited evaluation

- A 30-day time limitation.
- Source code for runtime libraries is not included.
- No support for MISRA C.
- C-RUN is size-limited to 12 Kbytes of code, excluding constant data.
- Limited technical support.
- Must not be used for product development or any other kind of commercial use.

Restrictions to the Kickstart, size-limited evaluation

- A 32 Kbyte code size limitation.
- Source code for runtime libraries is not included.
- No support for MISRA C.
- C-RUN is not available.

(EWARM) kompanije IAR Systems

- Copy the downloaded file to a folder and then double click on it to start the installation process. You should see the screen as in Figure 3.2 at the beginning of the installation. Click on the first option to start downloading. The installation process may take several minutes and you should wait until it is finished.



- Register with IAR Systems to get an evaluation license (see Figure 3.3). You will have to confirm your registration by clicking at the link sent to your registration address. Enter the license number into the given form and you should then be able to use the product.

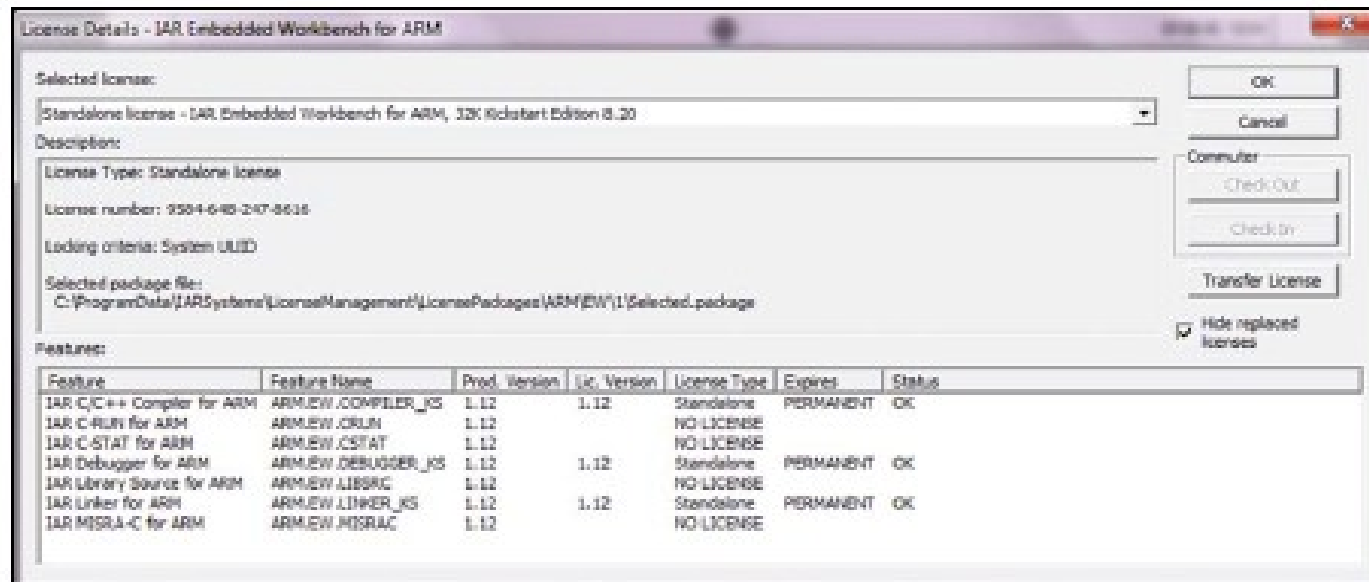
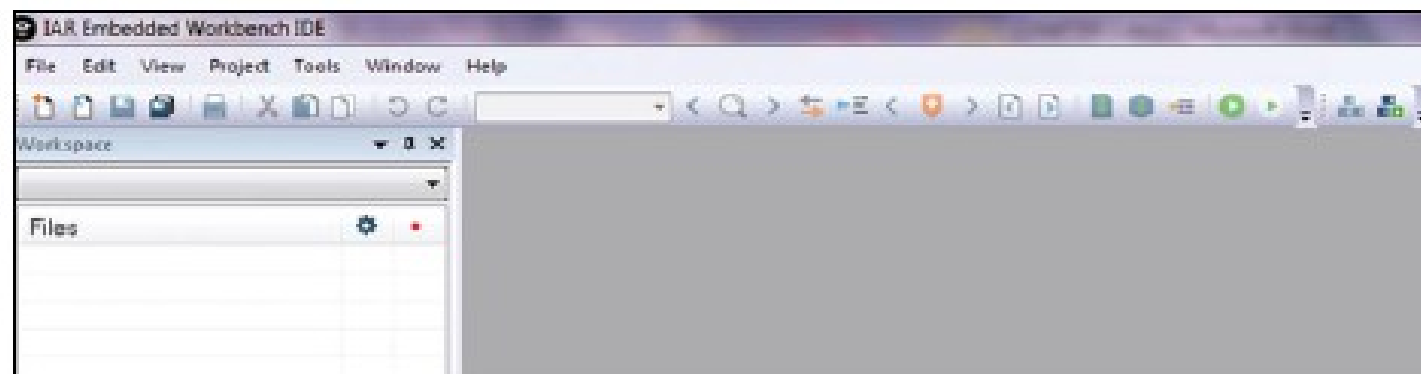


Figure 3.3: Registering with IAR Systems.

- Figure 3.4 shows the startup screen of the EWARM.



Arm Mbed

Arm Mbed

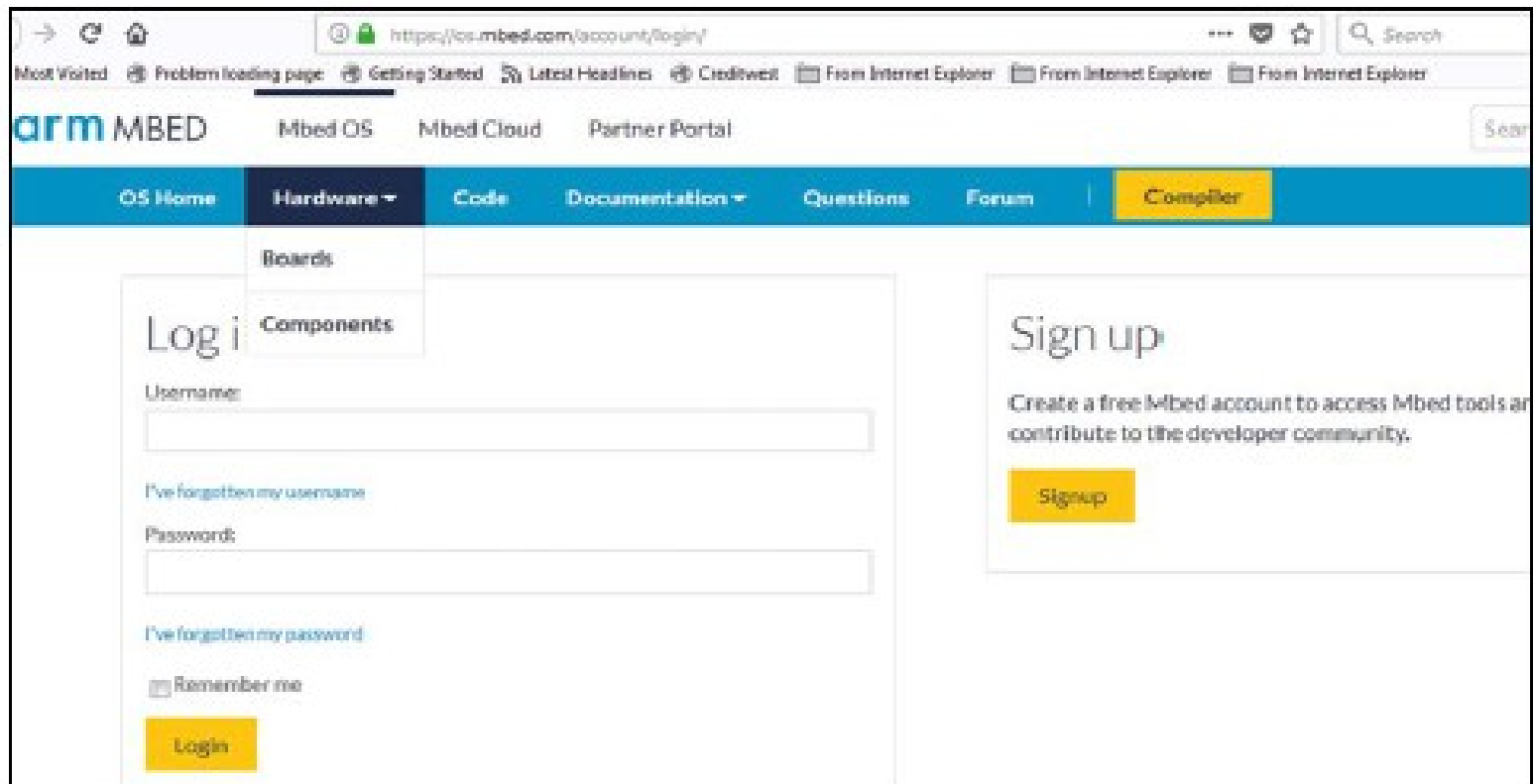
- Mbed je besplatni mrežni kompajler koji se može koristiti preko Interneta. To je platforma i operativni sistem zasnovan na 32-bitnim Arm Cortex-M mikrokontrolerima.
- Mbed je podržan preko 60 partnera i zajednica od 200.000 programera.
- Mbed je besplatan onlajn IDE koji se sastoji od onlajn Editora koda i kompajlera.
- Za pristup je potreban samo veb pregledač
- Programi se kompajliraju na cloudu pomoću Arm C/C++ kompajlera.
- Razvijanje projekta pomoću Mbed-a je veoma lako jer korisnik treba da izabere podržanu razvojnu ploču, napišite program, a zatim spusti program na ploču.

Arm Mbed

- Mbed kompajler je jednostavan za korišćenje i podržava veliki broj Arm procesora i softverske biblioteke.
- Koristeći Mbed, kompajlirani kod se lako može učitati u programsku memoriju ciljnog Arm mikrokontrolera kao jednostavna operacija kopiranja.
- Prvi put Mbed korisnici moraju da se registruju pre nego što mogu da koriste Mbed.

Arm Mbed

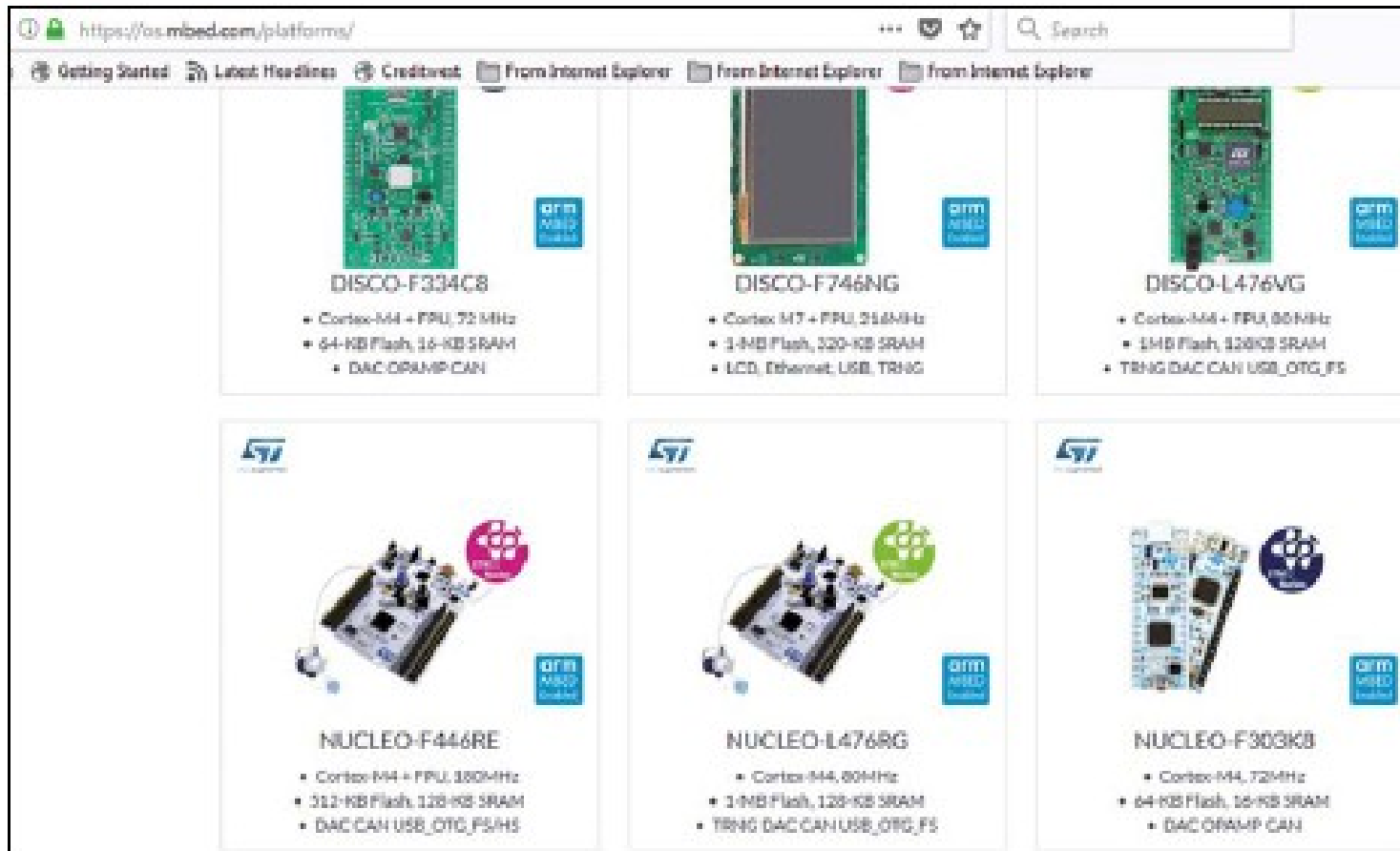
Register to Mbed through the following link. Figure 3.5 shows the Mbed registration/login screen. Click **Signup** at the right-hand side and enter your details:
<https://os.mbed.com/account/login/>



The screenshot shows the Arm Mbed website's account page. The browser address bar displays <https://os.mbed.com/account/login/>. The page features a navigation bar with links for 'OS Home', 'Hardware' (which is expanded to show 'Boards' and 'Components'), 'Code', 'Documentation', 'Questions', 'Forum', and a highlighted 'Compiler' button. On the left, the 'Log in' section includes fields for 'Username' and 'Password', with links for 'I've forgotten my username' and 'I've forgotten my password', a 'Remember me' checkbox, and a yellow 'Login' button. On the right, the 'Sign up' section contains the text 'Create a free Mbed account to access Mbed tools and contribute to the developer community.' and a yellow 'Signup' button.

Arm Mbed

- Click **Hardware** → **Boards** and then click on picture Nucleo-L476RG (see Figure 3.6).



Arm Mbed

- Click on **Add to your Mbed Compiler** to add the board to your compiler environment (see Figure 3.7).



The screenshot shows the product page for the ST Nucleo-L476RG board. On the left, there is an image of the board with a green 'ST Nucleo' logo. Below the image, text describes it as a 'fordable and flexible way for users to try out new 32 microcontroller line, choosing from the various assumption and features.' and mentions 'ST Morpho headers make it easy to expand the development platform with a wide choice of'. At the bottom left, it says 're any separate probe as It integrates the ST-'. In the center, there is a 'Table of Contents' section with a list of links: 1. Overview, 2. Microcontroller features, 3. Nucleo features, 4. Nucleo pin-out, 5. Supported shields, 6. Getting started, 7. Technical references, 8. Known limitations, and 9. Tips and Tricks. On the right, the ST logo is displayed above the tagline 'life.augmented'. Below this, a paragraph states 'A world leader in providing the semiconductor solutions that make a positive contribution to people's lives, both today and in the future.' At the bottom right, there are two yellow buttons: 'Add to your Mbed Compiler' and 'Buy Now'.

fordable and flexible way for users to try out new 32 microcontroller line, choosing from the various assumption and features.

ST Morpho headers make it easy to expand the development platform with a wide choice of

re any separate probe as It integrates the ST-

Table of Contents

1. Overview
2. Microcontroller features
3. Nucleo features
4. Nucleo pin-out
5. Supported shields
6. Getting started
7. Technical references
8. Known limitations
9. Tips and Tricks

ST

life.augmented

A world leader in providing the semiconductor solutions that make a positive contribution to people's lives, both today and in the future.

Add to your Mbed Compiler

Buy Now

Figure 3.7: Add the Nucleo-L476RG board to your compiler environment.

Arm Mbed

- Click **Compiler** to start the compiler (see Figure 3.8).

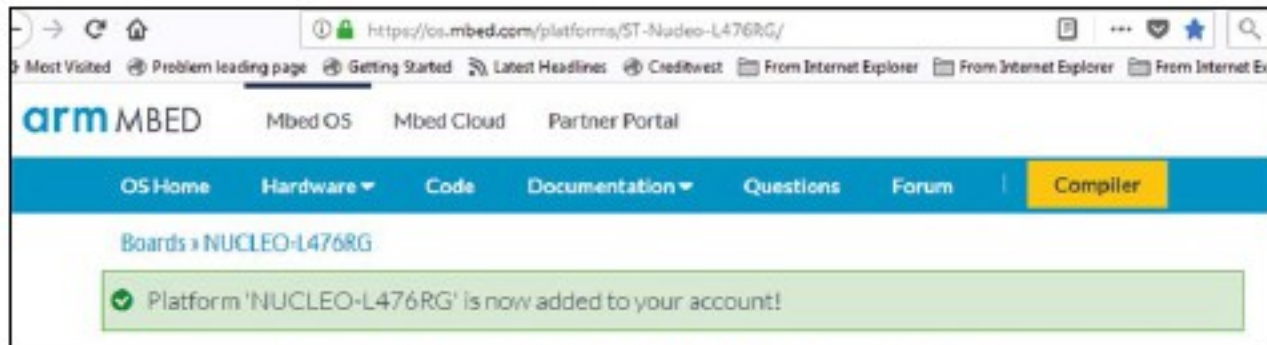


Figure 3.8: Starting the Mbed compiler

MDK arm

MDK-ARM is a professional IDE for the Arm processors, developed by Keil. A code size limited Lite version of this IDE, called the MDK-Lite, is available free of charge, intended for product evaluation, small projects, and for the educational market.

The Lite version does not compile, assemble or link program code which is greater than 32 KB. Also, the debugger supports programs that are 32 KB or smaller, and the compiler does not generate a disassembly listing of the machine code generated.

The steps to download and install the Lite version of this IDE are as follows:

- Download the IDE from the following link (see Figure 3.9). You should download the MDK-Core. You will have to register before you can download the IDE.

<http://www2.keil.com/mdk5/editions/lite>

MDK arm

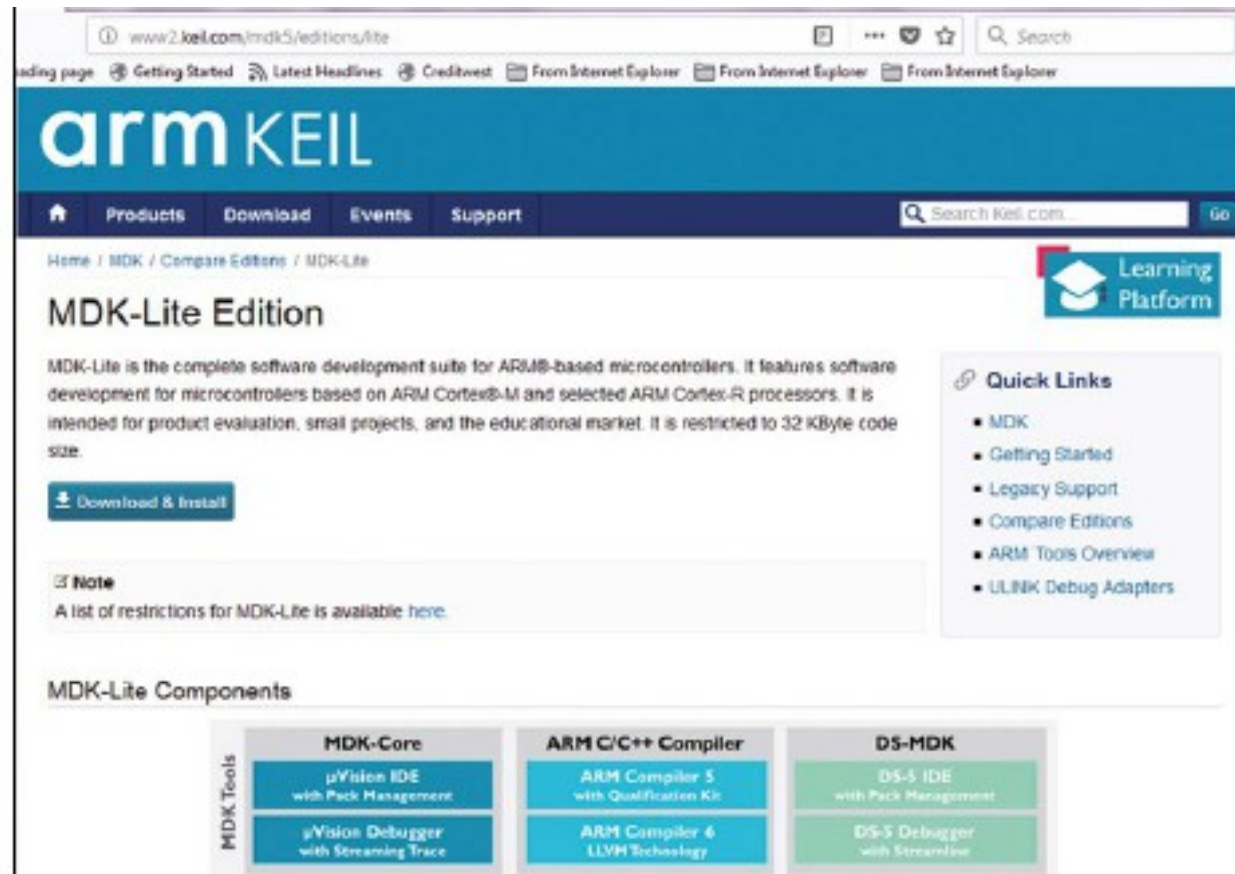


Figure 3.9: Download the MDK-Lite IDE.

- Save the file in a folder on your computer.
- Double click on the filename to install the IDE.

MDK arm

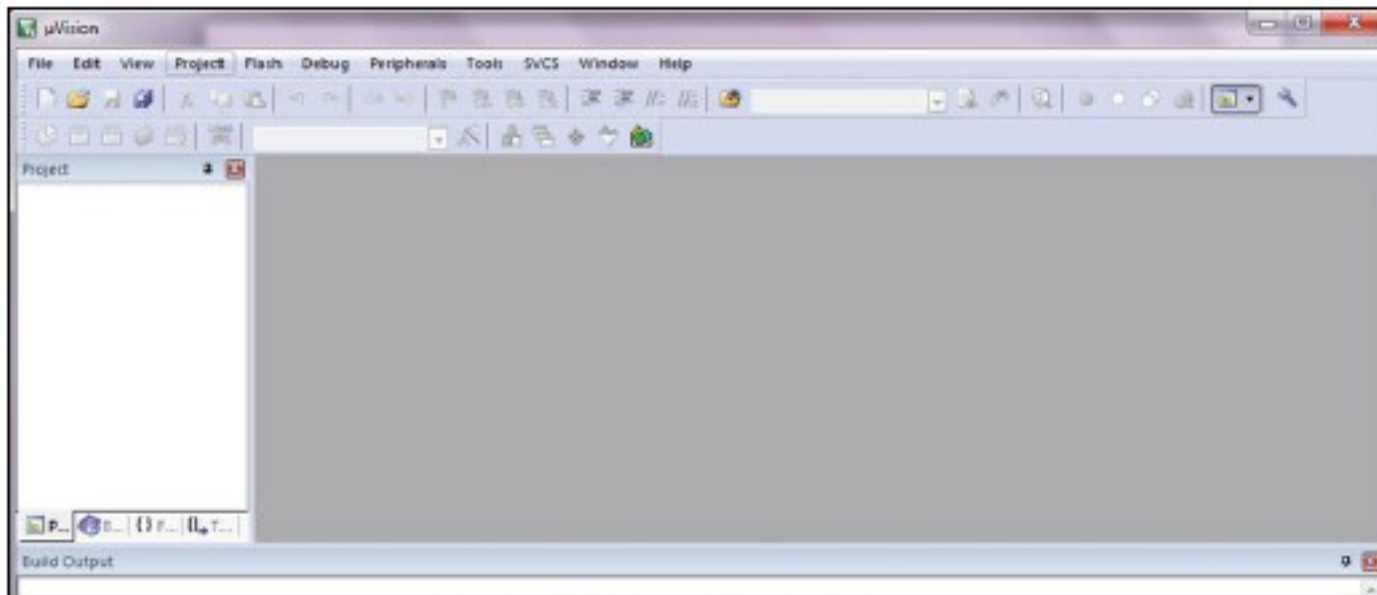


Figure 3.10: MDK-Lite startup screen.

Trust studio

TrueSTUDIO is a professional IDE for the development of Arm based projects. This IDE has a Lite version that supports the STM32 Arm processors. The steps to download and install the IDE are given below.

- Download the IDE from the following site (see Figure 3.11) by selecting the latest version.

<https://atollic.com/truestudio/>

Trust studio



Figure 3.11: Download the TrueSTUDIO Lite.

System Workbench toolchain

The System Workbench toolchain, called SW4STM32, is a free development environment based on Eclipse, which supports the full range of STM32 microcontrollers and associated boards. The System Workbench toolchain and its collaborative website have been built by AC6, a service company providing training and consultancy on embedded systems.

The key features of the SW4STM32 are:

- Support for STM32 microcontrollers, STM32 Nucleo boards, Discovery kits and Evaluation boards, as well as STM32 firmware (Standard Peripheral library or STM32Cube HAL).
- Free of charge and no code size limit.
- GCC C/C++ compiler and GDB based debugger.
- Eclipse IDE with team-work management, compatible with Eclipse plug-ins.
- ST-LINK support.

The steps to download and install the SW4STM32 are given below.

- Go to the following link and register:
<https://www.openstm32.org/System%2BWorkbench%2Bfor%2BSTM32>
- Click on the link **Installing System Workbench for STM32 with Installer**.
- Click **register** to register at the site by giving your details.
- Login to the site.
- Click on **Installing System Workbench for STM32 with installer**.
- Click on **Downloading the System Workbench for STM32 installer** (see Figure 3.12).

System Workbench toolchain

Downloading the product installer

System Workbench for STM32 can be installed with the executable product installer. Before installation, please ensure that the user account has the administrative access right or that you possess the administrator password.

You should first download the offline installer from [Downloading the System Workbench for STM32 installer](#).

Installing on Windows

1. Click and launch System Workbench for STM32 installer.
2. Wait until the installer window is displayed.
3. The first page describes the product features. Click on the "Next" button.
4. Please read and accept the license agreement to continue the installation. Click on the "Next" button.
5. Choose the installation path (default: C:\Ac6\System\Workbench). Please avoid choosing path with space such as "C:\Program Files...". Click on the "Next" button.
6. A warning message is displayed :
 1. If the directory does not exist, it proposes to create the installation directory.
 2. If the directory exists, the installer will suppress the installation folder. (Installing on top of older might causes several issues)
7. The next page shows the list of packs that will be installed.
8. Select if you want to create Start menu and desktop shortcuts.
9. The following page shows on the installation settings. Click on the "Next" button to proceed installation.
10. Wait until the installation is done and click on the "Quit" button when "Finish" message is displayed on the installation progress.

Figure 3.12: Downloading the SW4STM32 installer.

System Workbench toolchain

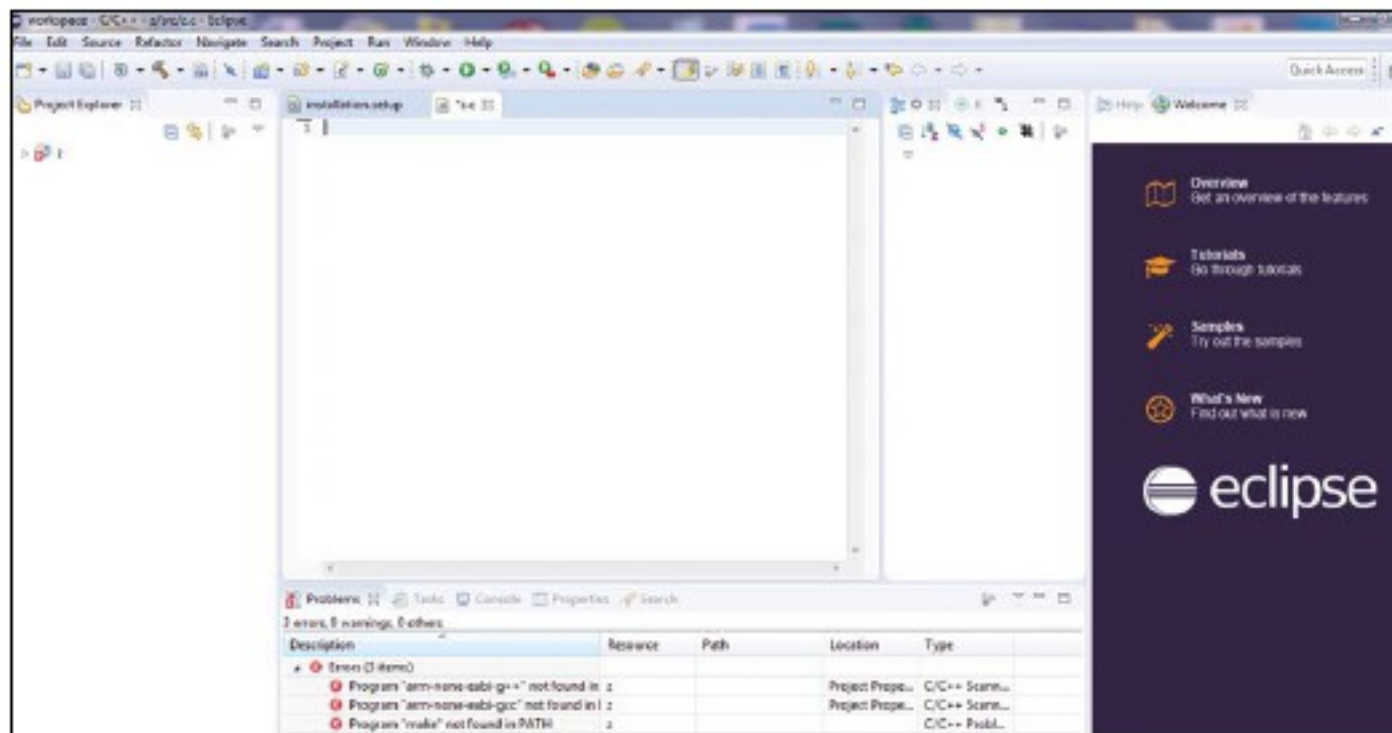
- Select the type of system you have (e.g. Windows 10 64 bit) as in Figure 3.13. At the time of writing this book the latest version v2.9.



Figure 3.13: Select the type of system you have (part of the display is shown).

System Workbench toolchain

- Copy the downloaded file in to a folder. The author installed the software on a Windows 10 computer with 64-bit MCU. At the time of writing this book the filename was **install_sw4stm32_win_64bits-v2.9.exe**
- Double click on the file to install the SW4STM32.



STM32CubeIDE

The screenshot displays the STM32CubeIDE workspace with the following components:

- Project Explorer:** Shows a project named "Test (in Proteus_primer)".
- Editor:** Displays the file "main.c" with the following code:

```
92
93 /* Infinite loop */
94 /* USER CODE BEGIN WHILE */
95 while (1)
96 {
97     /* USER CODE END WHILE */
98
99     /* USER CODE BEGIN 3 */
100     HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_SET);
101     HAL_Delay(500);
102     HAL_GPIO_WritePin(GPIOA, GPIO_PIN_5, GPIO_PIN_RESET);
103     HAL_Delay(500);
104 }
105
106 /* USER CODE END 3 */
107 }
108
109 /**
110  * @brief System Clock Configuration
111  * @retval None
112  */
113 void SystemClock_Config(void)
114 {
115     RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct = {0};
```
- Outline:** Lists the project structure and functions:
 - main.h
 - SystemClock_Config(void) : void
 - MX_GPIO_Init(void) : void
 - main(void) : int
 - SystemClock_Config(void) : void
 - MX_GPIO_Init(void) : void
 - Error_Handler(void) : void
 - assert_failed(uint8_t*, uint32_t) : void
- Console:** Displays the message "No consoles to display at this time."
- Build Analyzer:** Shows the build output for "Blink.elf - /Blink/Debug - Oct 20, 2021 4:01:44 PM".

Memory Regions	Memory Details			
Region	Start address	End address	Size	Free
RAM	0x20000000	0x20002800	10 KB	8.45 KB
FLASH	0x08000000	0x08008000	32 KB	27.57 KB