

Výuková laboratorní sestava seminář pro učitele

Programování kitů v ARM MBED

Bc. Petr Kůrka
(kurkape6@fel.cvut.cz)

Katedra měření

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení
technické v Praze

Možnosti programování - BBC

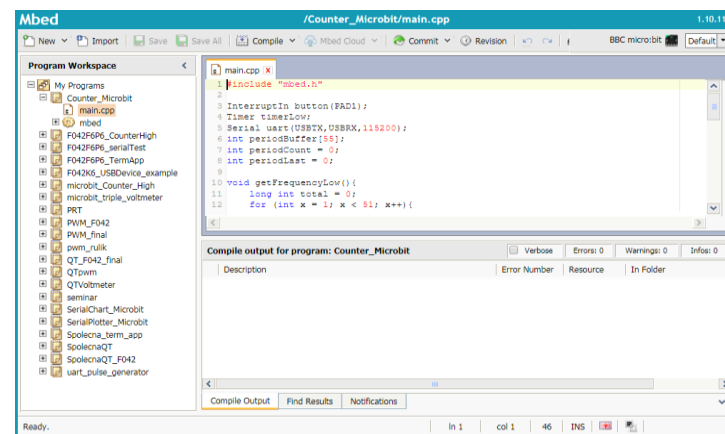
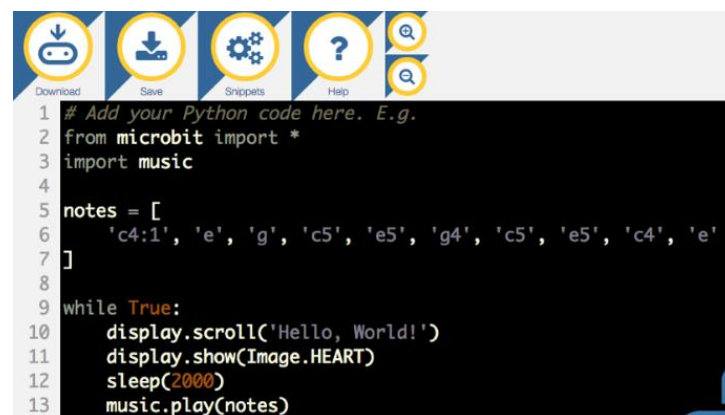
- Bloky – PXT (viz. předchozí prezentace)

- Python - MicroPython

- Prostředí pouze pro BBC micro:bit
- Programování online
- Skutečný programovací jazyk

- C/C++ - ARM mbed

- Podpora 150+ kitů (ST, Nordic...) s jádrem *ARM Cortex*
 - > Zařízení z průmyslu
- Programování online
- Knihovny pro přídatný HW
- Korektní C ([Arduino](#))



Úvod – co je MBED

- Programovací prostředí pro ARM Cortex kity
- Přístupné online
 - Nutnost připojení k internetu
 - Bez instalace softwaru
- Pro většinu kitů stejný program, minimální odlišnosti
- Možnost využití již připravených programů, knihoven
„Proč dělat něco, co už někdo udělal před námi?“
- Jazyk C/C++

Výčet podporovaných kitů

- <https://os.mbed.com/platforms/>

arm MBED

Mbed OS

Mbed Cloud

Partner Portal

Search...



OS Home

Hardware ▾

Code

Documentation ▾

Questions

Forum

Compiler

kurkape6 ▾

Boards

Filter

Mbed Enabled

☒ Mbed Enabled

Mbed OS support

☒ Mbed OS 2

☒ Mbed OS 5.4

☒ Mbed OS 5.5

☒ Mbed OS 5.6

Target vendor

☒ AnalogDevices

☒ ARM

☒ Avnet Silica

☒ Maxim Integrated

☒ Nordic Semiconductor ASA

☒ Nuvoton

☒ NXP Semiconductors

☒ Realtek

☒ Renesas

☒ Silicon Labs

☒ STMicroelectronics

☒ Toshiba

☒ WIZnet

Platform vendor

☒ AnalogDevices

☒ ARM

☒ Avnet Silica

☒ BBC Make it Digital Campaign

Boards



28. 6. 2018

Výuková laboratorní sestava - seminář pro učitele

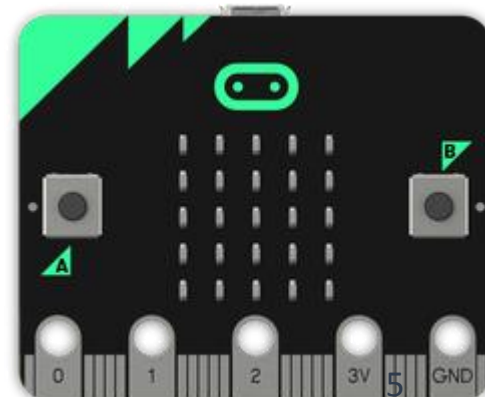
4

Jednoduchá ukázka - BBC micro:bit

```
#include "mbed.h"
```

```
DigitalOut myOut(P0);    // inicializace vystupu
```

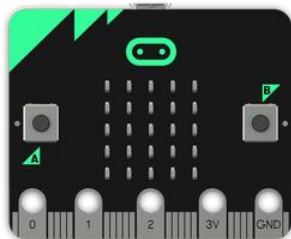
```
int main() {  
    while(1) {            // nekonečná smyčka  
        myOut = 1;        // Pin do vysoke urovne  
        wait(0.2);        // čekáme 200 ms  
        myOut = 0;        // Vypnutí pinu  
        wait(1.0);        // čekání 1 s  
    }  
}
```



Podobnost programu STM32F303

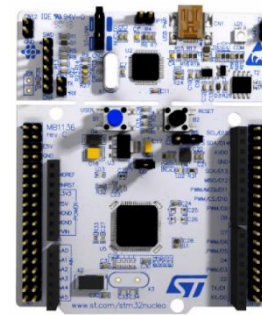
```
#include "mbed.h"
```

```
DigitalOut myOut(P0);  
int main() {  
    while(1) {  
        myOut = 1;  
        wait(0.2);  
        myOut = 0;  
        wait(1.0);  
    }  
}
```



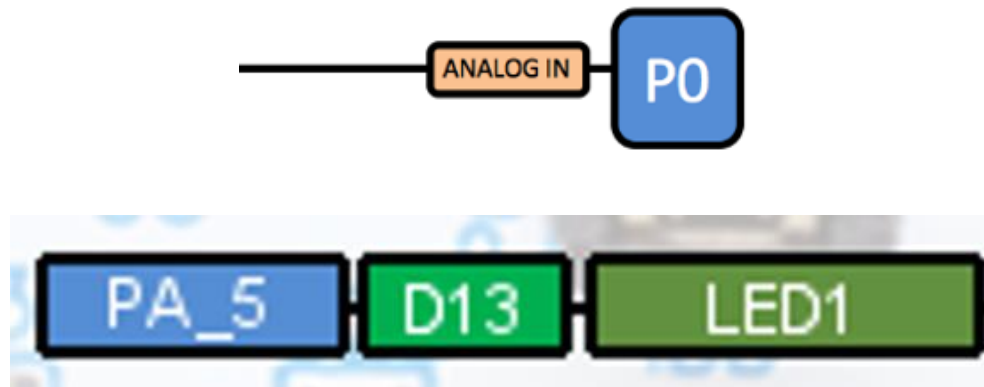
```
#include "mbed.h"
```

```
DigitalOut myOut(PA_5);  
int main() {  
    while(1) {  
        myOut = 1;  
        wait(0.2);  
        myOut = 0;  
        wait(1.0);  
    }  
}
```

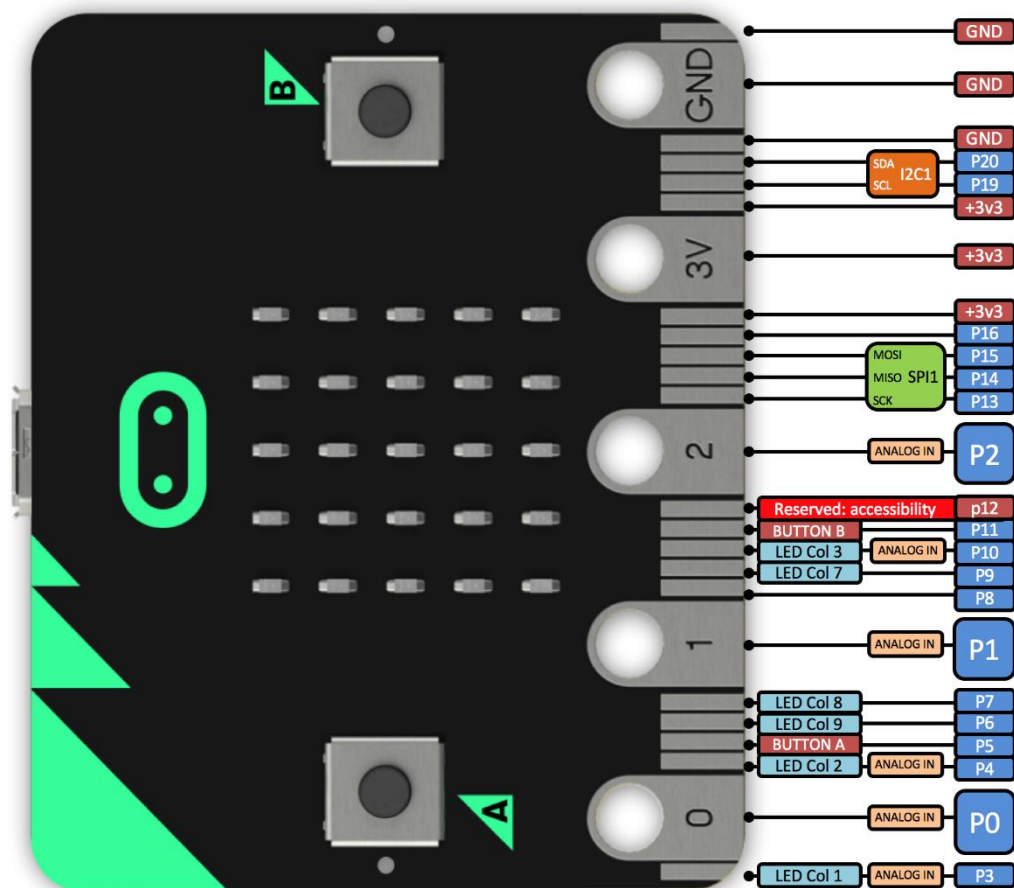


Odlišnosti u různých kitů

1. `DigitalOut myOut(P0); //BBC`
 2. `DigitalOut myOut(PA_5); //STM32F303`
- Pojmenování pinů -> PINOUT

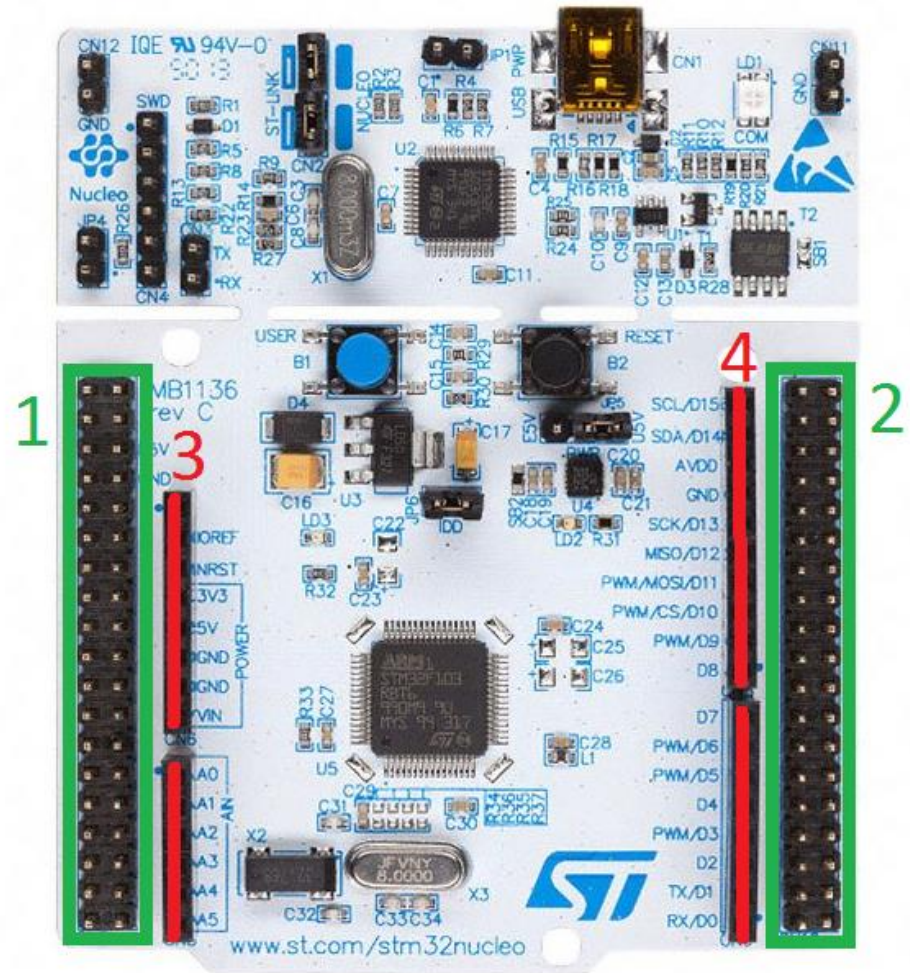


Pinout BBC micro:bit



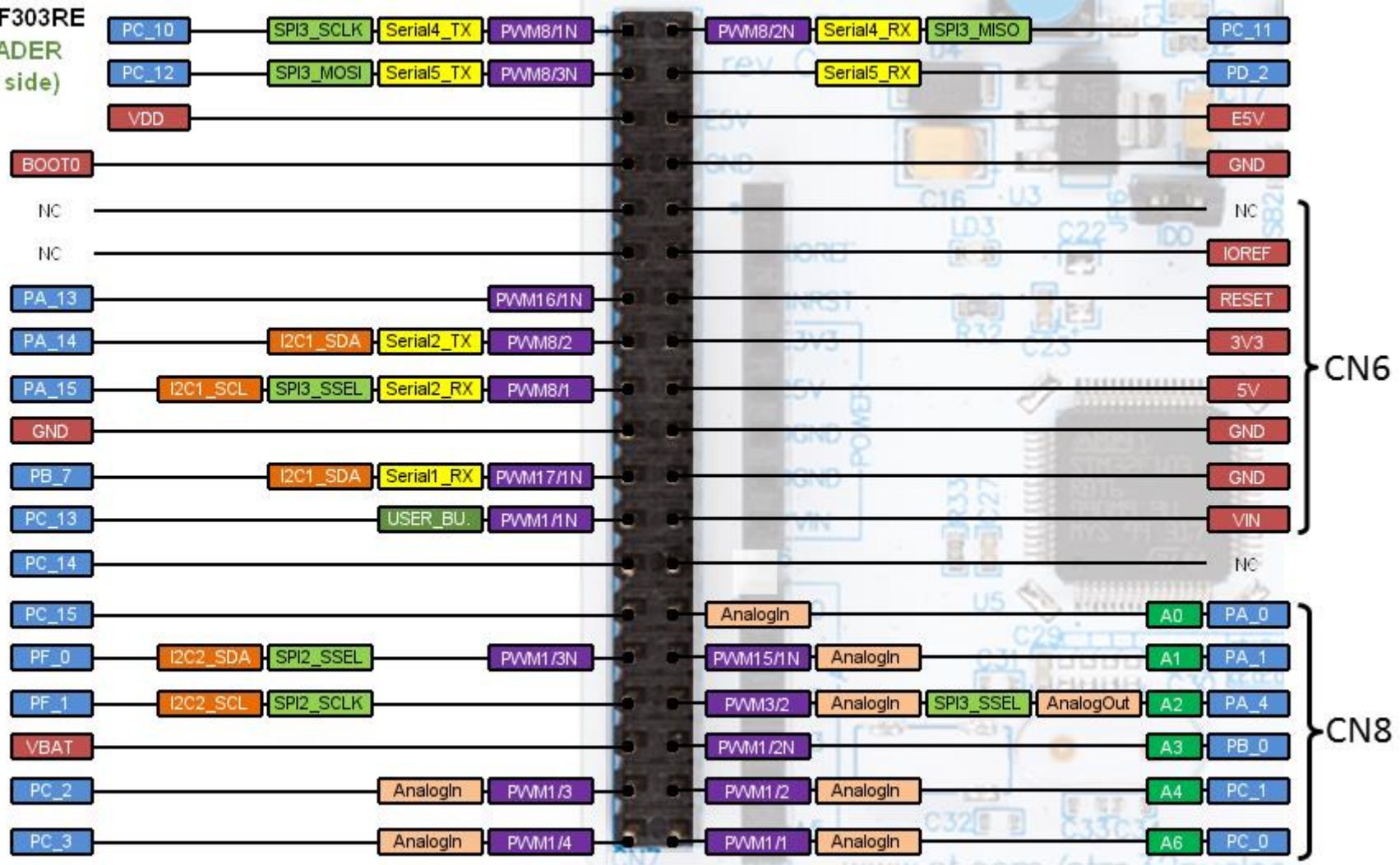
Pinout STM32F303 Nucleo

- O poznání více pinů
- Duplicitní vývody
- 1,2 male headery
 - (CN7, CN10)
- 3,4 Arduino headery (female)
 - (CN5, CN6, CN8, CN9)



Pinout STM32F303 Nucleo

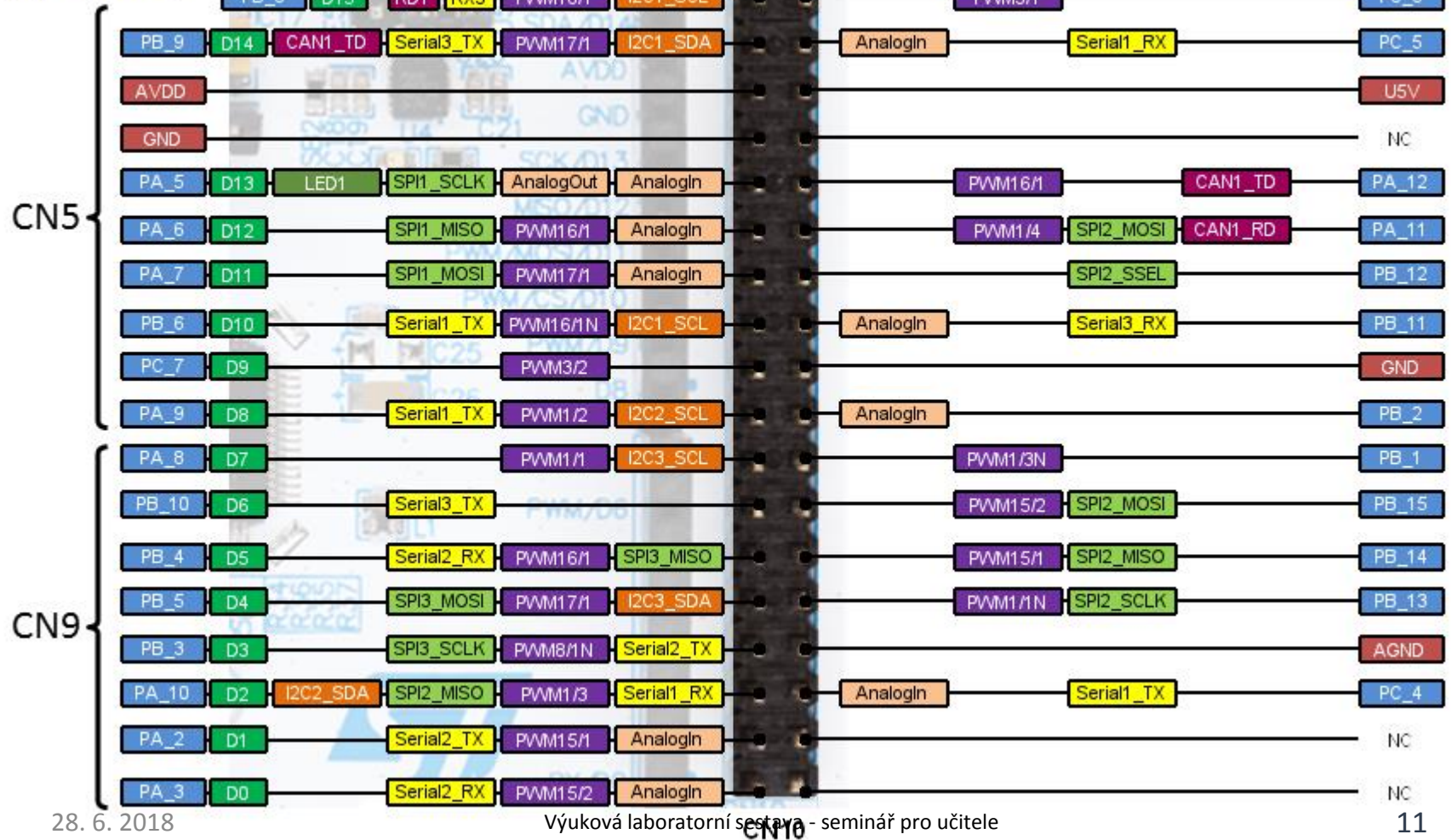
NUCLEO-F303RE
CN7 HEADER
(top left side)



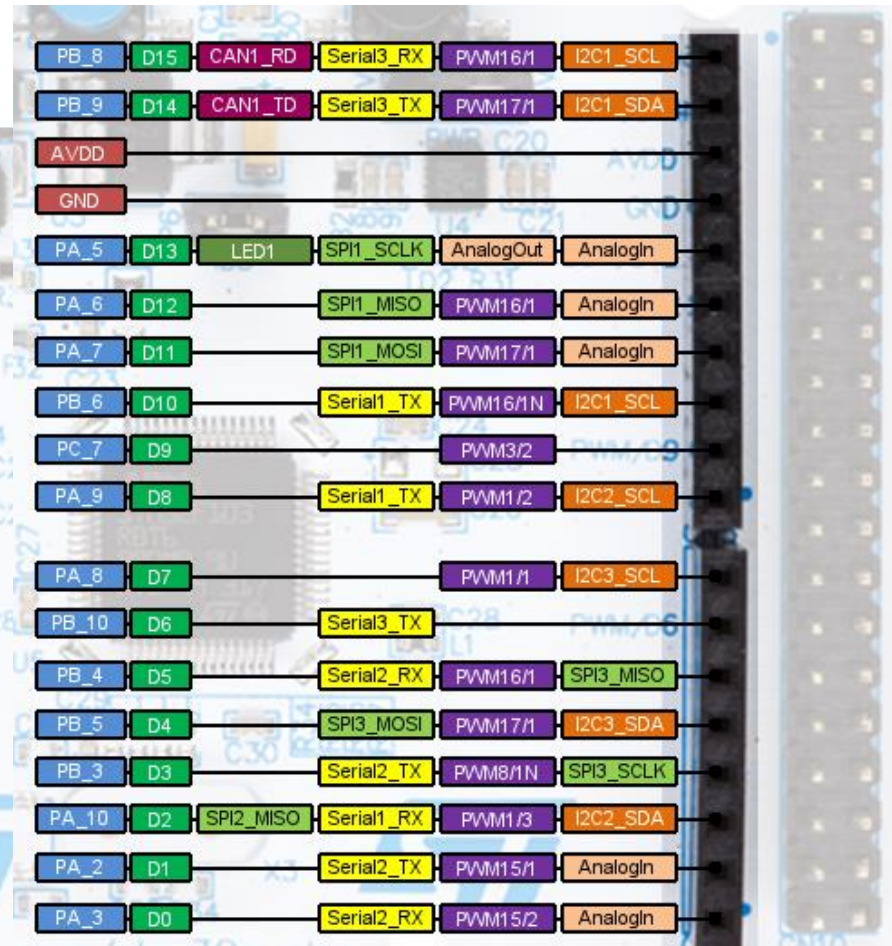
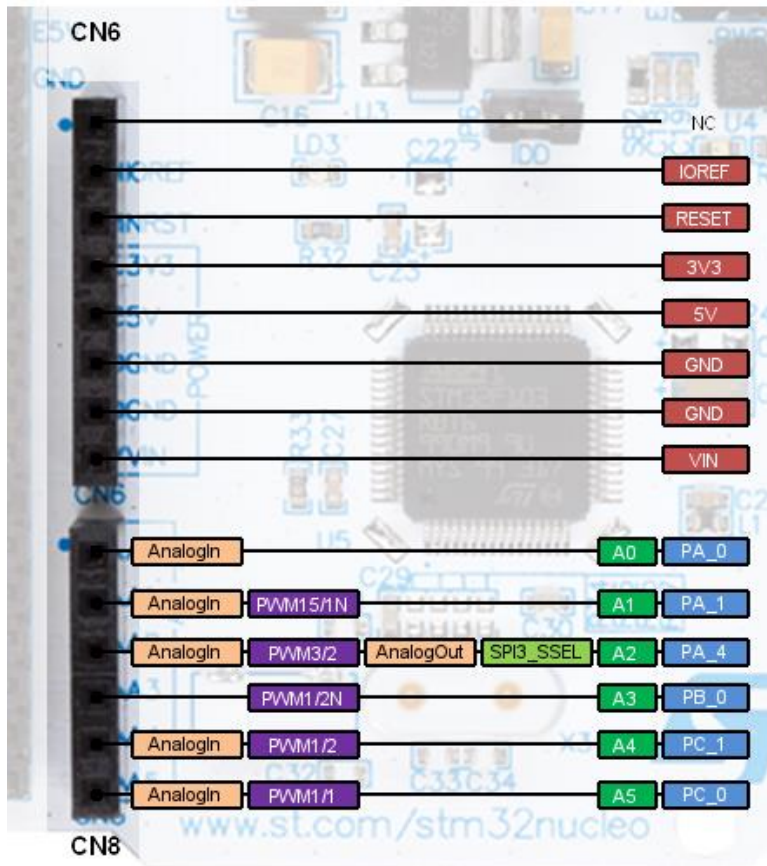
Pinout STM32F303 Nucleo

NUCLEO-F303RE

CN10 HEADER
(top right side)



Pinout STM32F303 Nucleo

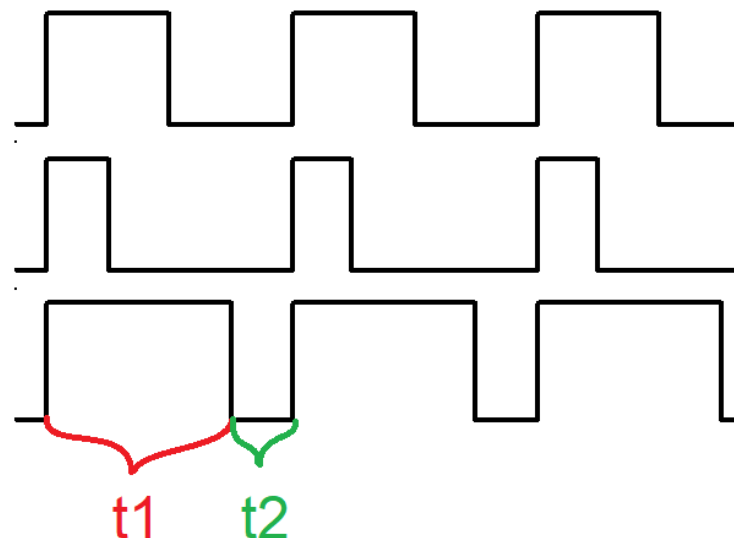


Funkce kitů - Digital OUT, IN

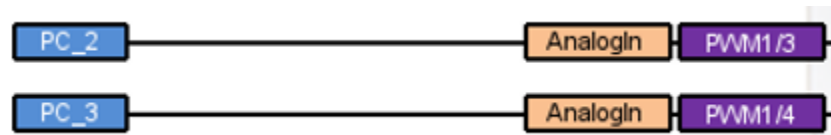
- Výstup
 - Nastavení pinu do stavu (1 nebo 0)
 - Fyzicky nastavení napětí na pinu 0V nebo 3,3V (BBC)
 - Některé procesory 0V nebo 5V (ST)
- Vstup
 - Čtení stavu na pinu (0 nebo 1)
- V programu:
 - `DigitalOut myOutput(PA_5) ;`
 - `DigitalIn myInput(PA_5) ;`

Funkce kitů - PWM

- Výstupní funkce
- Generování digitálního signálu
 - Nastavujeme střidu, frekvenci
- Použití:
 - Proměnná intenzita svítící LED
 - Akustický signál
 - Řízení rychlosti motoru
- V programu:
 - `PwmOut oznaceni(PC_3)` ;
- Funkci podporují jen některé piny

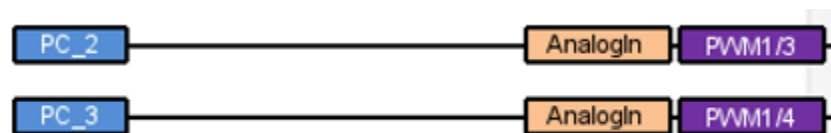


- Střída = $t1/(t1+t2)$
- Frekvence = $1/(t1+t2)$



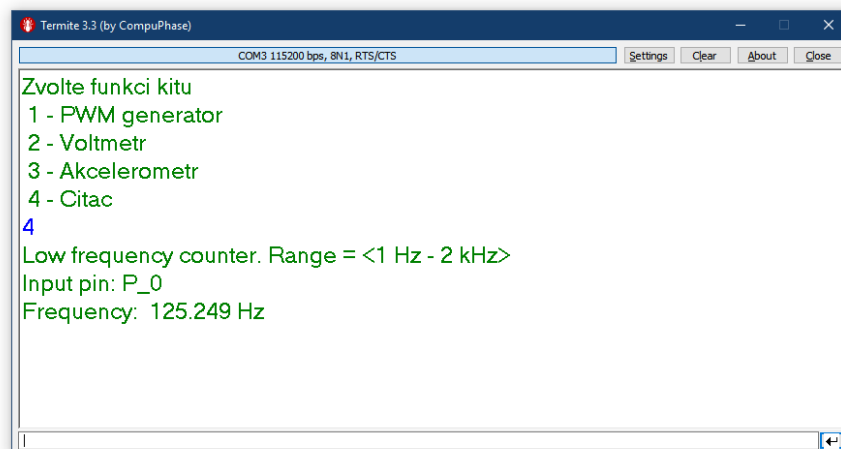
Funkce kitů – Analog OUT, IN

- Výstup
 - Nastavení libovolného napětí na pinu
 - **0 V až 3,3 V (5 V)** desetinným číslem 0 až 1
 - 0 odpovídá 0 V
 - 1 odpovídá max. napětí (5 V nebo 3 V)
- Vstup
 - Čtení stavu na pinu (0 až 1)
- Příklady: Voltmetr, generátor sinusového signálu...
- V programu:
 - **AnalogOut myOutput(PA_5) ;**
 - **AnalogIn myInput(PA_5) ;**
- Podporují jen některé piny



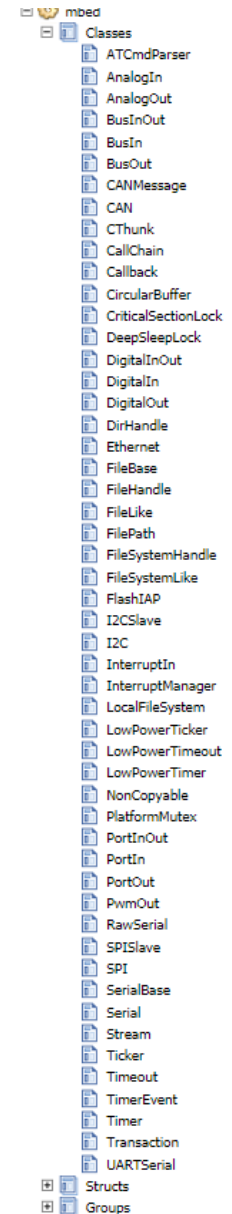
Funkce kitů – Sériová komunikace

- Možnost přímé komunikace a obsluhy z počítače
 - Použití aplikace pro terminál (Putty, Termite...)
- Standard: UART
- Dva piny: přijímací (RX), vysílací (TX)
- Pouze některé piny



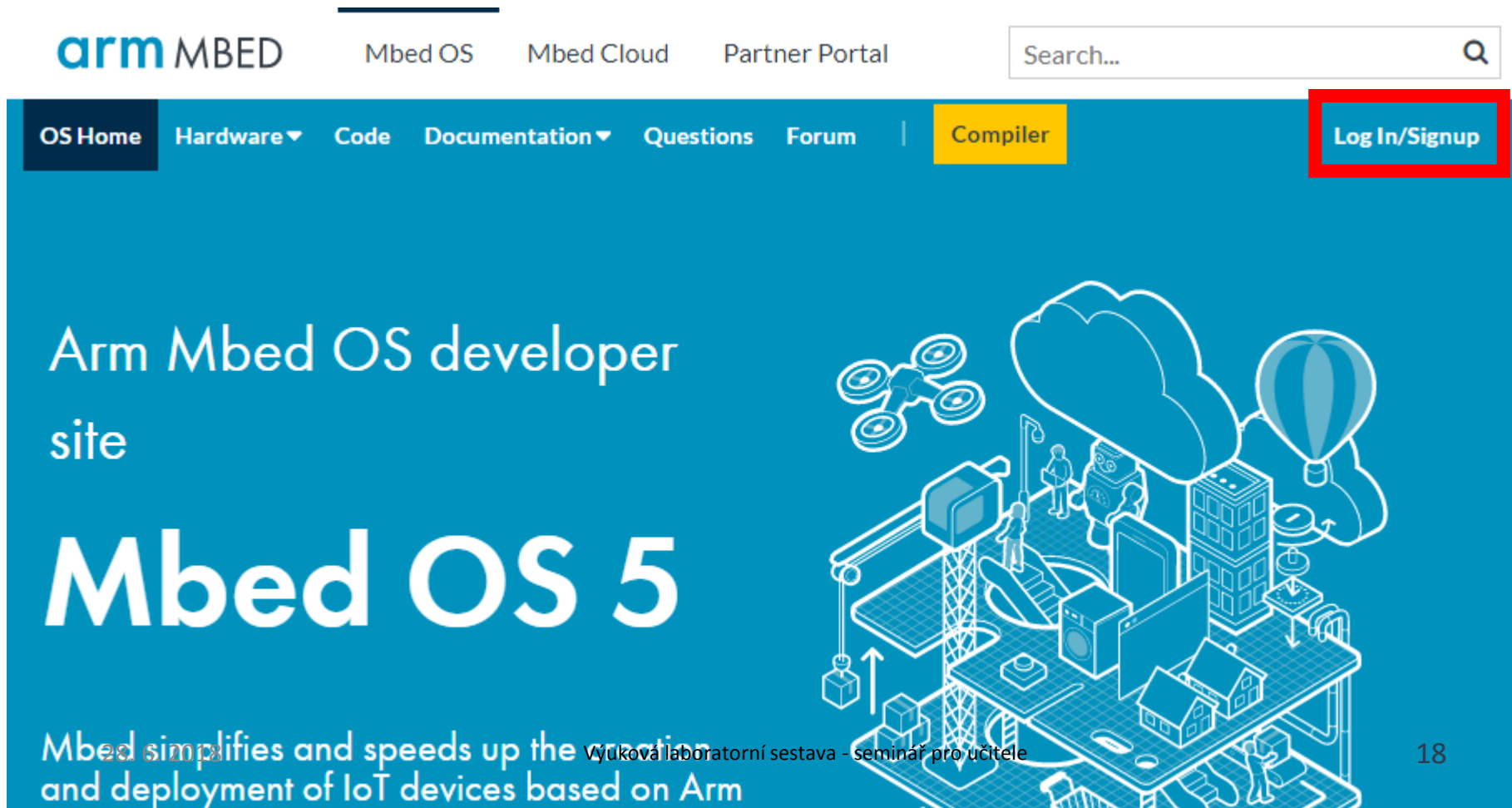
Funkce prostředí

- Procedurální programování (C/C++)
 - Rozvedeme v pozdější části prezentace
- Funkce Vyhodnocující časové okamžiky
 - Wait (čekání)
 - Program čeká po daný čas
 - Timer (stopky)
 - Program měří čas do události
 - Ticker (budík)
 - Program provede akci v daný čas
 - Detailnější popis na os.mbed.com



Registrace nového uživatele - návod

- <http://www.developer.mbed.org/>



arm MBED Mbed OS Mbed Cloud Partner Portal Search...

OS Home Hardware Code Documentation Questions Forum Compiler Log In/Signup

Arm Mbed OS developer site

Mbed OS 5

Mbed simplifies and speeds up the creation and deployment of IoT devices based on Arm

Výuková laboratorní sestava - seminář pro učitele

[Login or Signup](#)

Login

Username:

[I've forgotten my username](#)

Password:

[I've forgotten my password](#)☐ Remember me

Login

Signup



Signup

Signup = registrace
Pozděli už jen Login

Create an os.mbed.com account

Signup

Enter your email address:

[I already have an account!](#)

Choose a username:

Choose a password:

Confirm your password:

First name:

Last name:

Country:

Are you human? :

☐ Nejsem robot


reCAPTCHA
Ochrana soukromí - Smluvní podmínky

☐ I agree to Arm's [Terms and Conditions of Use](#). (required)

Arm will process your information in accordance with the Account Registration section of our [Privacy Policy](#).

☐ By ticking this box you indicate your consent to receiving marketing communications from Arm in accordance with our Privacy Policy. Please visit our [Subscription Center](#) to manage your marketing preferences or unsubscribe from further communications.

Summary

You are about to...

 Create an Mbed user account

An account will be set up for you, giving you access to the Mbed website and resources.

Zadání osobních údajů
Souhlas s podmínkami

Vstup do programovacího prostředí (Compileru)

Arm Mbed OS developer site

Mbed OS 5

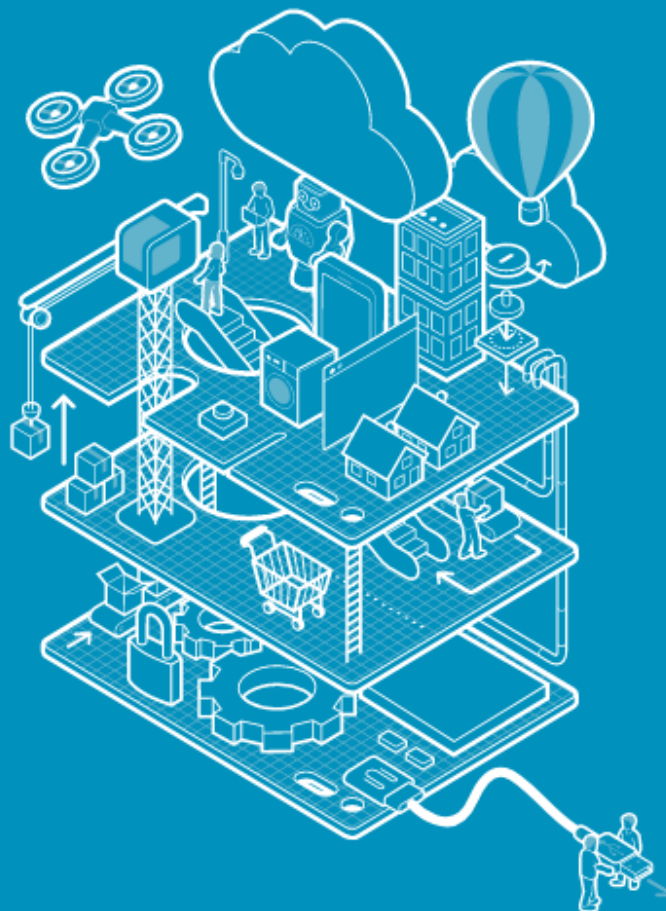
Mbed simplifies and speeds up the creation and deployment of IoT devices based on Arm microcontrollers.

The project is being developed by Arm, its Partners and the contributions of the global Arm Mbed Developer Community.

Get started »

Latest release »

326,158 compilations in the last 7 days



Výběr kitu, který chceme programovat

The screenshot shows the Mbed Workspace Management application. The top bar is teal with the 'Mbed' logo and 'Workspace Management' title. Below it is a toolbar with buttons for 'New', 'Import', 'Save', 'Save All', 'Compile', 'Commit', 'Revision', and 'Help'. A red rectangle highlights the 'No device selected' button in the top right corner. The main area is divided into three panels: 'Program Workspace' on the left, 'Workspace Management' in the center, and 'Workspace Details' on the right. The 'Program Workspace' panel shows 'My Programs'. The 'Workspace Management' panel has a heading 'Manage your Program Workspace' and a message 'Your Program Workspace is empty. You can [import a program](#) or [create a new one](#).' The 'Workspace Details' panel shows 'Total Programs: 0' and 'Modified: n/a'.

Mbed Workspace Management

New Import Save Save All Compile Commit Revision Revision Help

No device selected Default

Program Workspace

My Programs

Workspace Management

Manage your Program Workspace

Listing all programs in your Program Workspace

Type to filter the list ... Match Case Whole Word Find

Name	Tags	Modified	Description
Your Program Workspace is empty. You can import a program or create a new one .			

Workspace Details

kurasel

Total Programs 0
Modified n/a

Recently Modified

Ready. INS

Your Program Workspace is empty. You can [import a program](#) or [create a new one](#).

Select a Platform



You haven't selected any platform yet

Pick one from the list below and click the "Select Platform" button to select it.



Select
Platform

Description

Pinout

N/A

More Info

Your registered platforms



Add
Platform

Přidat nové zařízení

Boards

Filter

Mbed Enabled

- ☐
- Mbed Enabled

Mbed OS support

- ☐
- Mbed OS 2
-
- ☐
- Mbed OS 5.4
-
- ☐
- Mbed OS 5.5
-
- ☐
- Mbed OS 5.6

Target vendor

- ☐
- ARM
-
- ☐
- Avnet Silica
-
- ☐
- Maxim Integrated
-
- ☐
- Nordic Semiconductor ASA
-
- ☐
- Nuvoton
-
- ☐
- NXP Semiconductors
-
- ☐
- Realtek
-
- ☐
- Renesas
-
- ☐
- Silicon Labs
-
- ☐
- STMicroelectronics
-
- ☐
- Toshiba
-
- ☐
- WIZnet

Platform vendor

- ☐
- ARM
-
- ☐
- Avnet Silica
-
- ☐
- BBC Make it Digital Campaign
-
- ☐
- community contributors

Boards

Volba ze seznamu podporovaných zařízení



mbed LPC1768

- Cortex-M3, 96MHz
- 512KB Flash, 32KB RAM



mbed LPC1114

- Cortex-M0, 48MHz
- 32KB Flash, 8KB RAM



Seeeduino-Arch

- Cortex-M0, 48MHz
- 32KB Flash, 8KB RAM



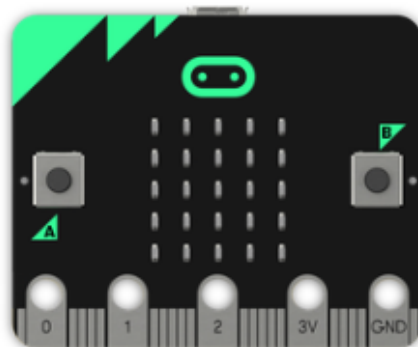
FRDM-KL25Z

- Cortex-M0+
- 128KB Flash, 16KB RAM
- USB OTG

BBC micro:bit

Podrobnosti o konkrétním zařízení

The BBC micro:bit is a pocket-sized, codable computer that allows anyone to get creative with technology. Made possible through a major partnership with 31 organisations, a micro:bit has been given to every 11 or 12 year old child in year 7 or equivalent across the UK, for free.



The official website for the BBC micro:bit is <http://www.microbit.co.uk>.

If you're keen to try using the micro:bit with mbed, then start with this platform page to add it to your compiler (on the right hand side), then check out the activity on the [micro:bit team page](#).

If you're new to mbed, there's a [video showing your first example here](#)

The BBC micro:bit is based on the mbed HDK. The target MCU is a Nordic nRF51822 with 16K RAM, 256K Flash. As well as the nRF51822 there's also an onboard accelerometer and magnetometer from

28.6. 2018

Table of Contents

1. Pinout
2. [micro:bit Device Abstraction Layer \(DAL\)](#)
3. [Getting Started Video](#)
4. [Features](#)
5. [mbed Libraries](#)
6. [Firmware](#)

>_ To compile a program for this board using Mbed CLI, use `nrf51_microbit` as the target name.

Board Partner



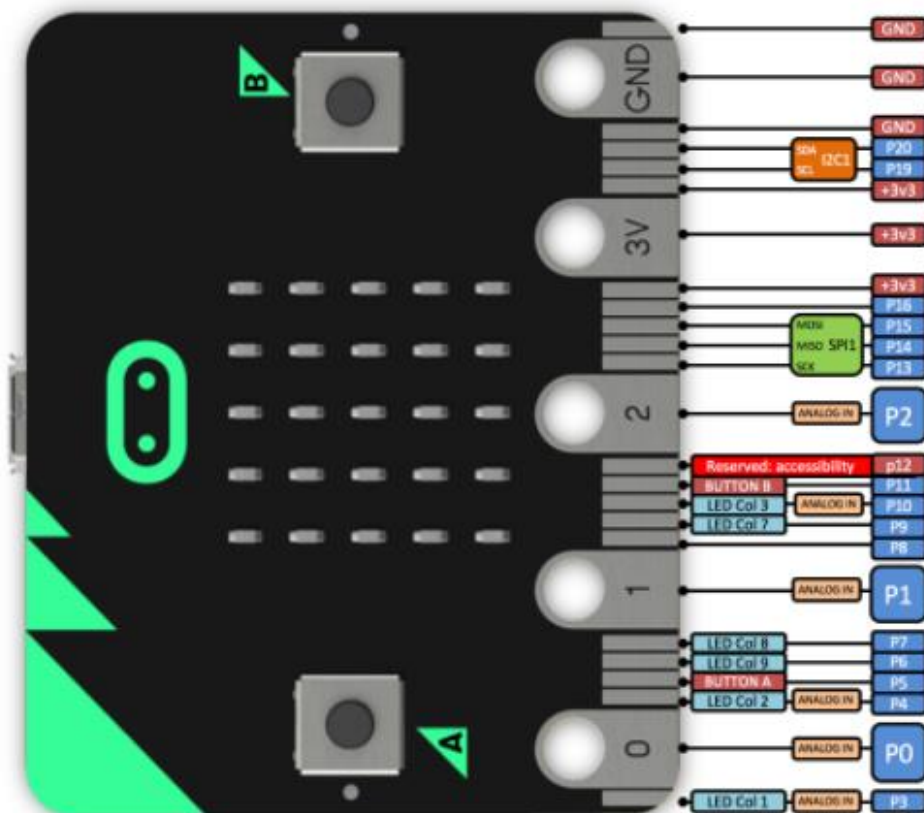
BBC

The BBC are co-ordinating the micro:bit project

Silicon Partner



Pinout



7. micro:bit availability

Nordic Semiconductor

Nordic Semiconductor is a fabless semiconductor company specializing in ultra low-power wireless SoCs and connectivity devices for the 2.4 GHz ISM band, with ultra-low power performance and cost being the main focus areas

Přidat zařízení
do Compileru

+ Add to your Mbed Compiler

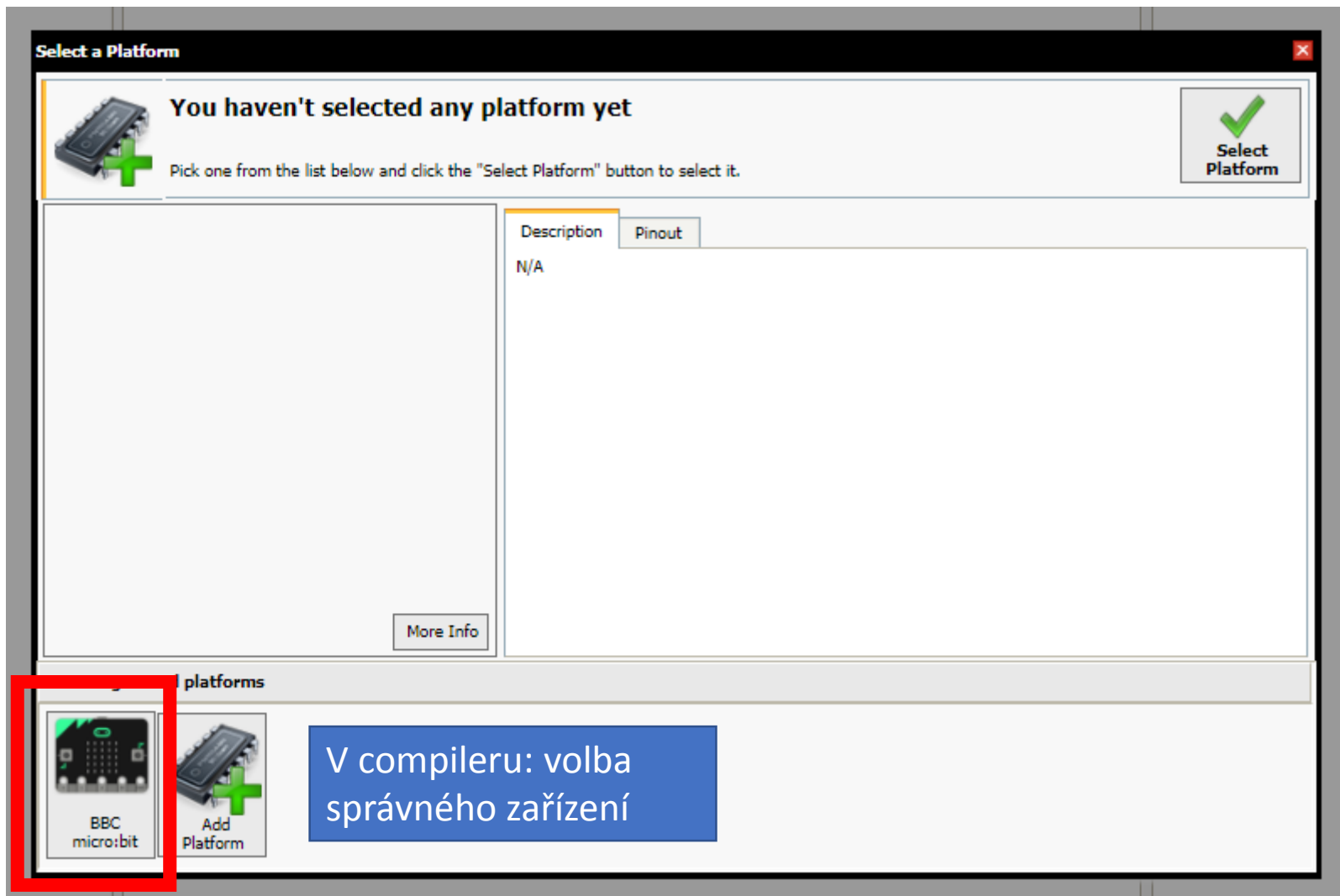
Buy Now

+ Follow



Mbed Enabled
Mbed OS 2

micro:bit Device Abstraction Layer (DAL)



Práce s compilerem

Mbed /303_Ticker/main.cpp

New Import Save Save All Compile Commit Revision Help

Volba kitu NUCLEO-F303RE

Program Workspace

- My Programs
 - 303_Blink
 - blik.cpp
 - Ticker303.cpp
 - 303_Ticker
 - main.cpp
 - mbed
- Classes
 - AnalogueIn

Projekty

- BusOut
- CANMessage
- CAN
- CThunk
- Callback
- CircularBuffer
- CriticalSectionLock
- DeepSleepLock
- DigitalInOut
- DigitalIn
- DigitalOut
- DirHandle
- Ethernet
- FileHandle
- FileSystemHandle
- FileSystemLike
- FlashIAP
- I2CSlave
- I2C

Hlavní okno – kód programu

```
1 // Toggle the blinking led after 5 seconds
2
3 #include "mbed.h"
4
5 Ticker timer;
6 DigitalOut led1(PB_0);
7 DigitalOut led2(PC_0);
8
9 int flip = 0;
10
11 void attime() {
12     flip = !flip;
13 }
14
15 int main() {
16     timer.attach(&attime, 5);
17     while(1) {
18         if(flip == 0) {
19             led1 = !led1;
20         } else {
```

Compile output for program: 303_Ticker

Verbose Errors: 0 Warnings: 0 Infos: 1

Description	Error Number	Resource	In Folder	Location
Success!		Build Details		

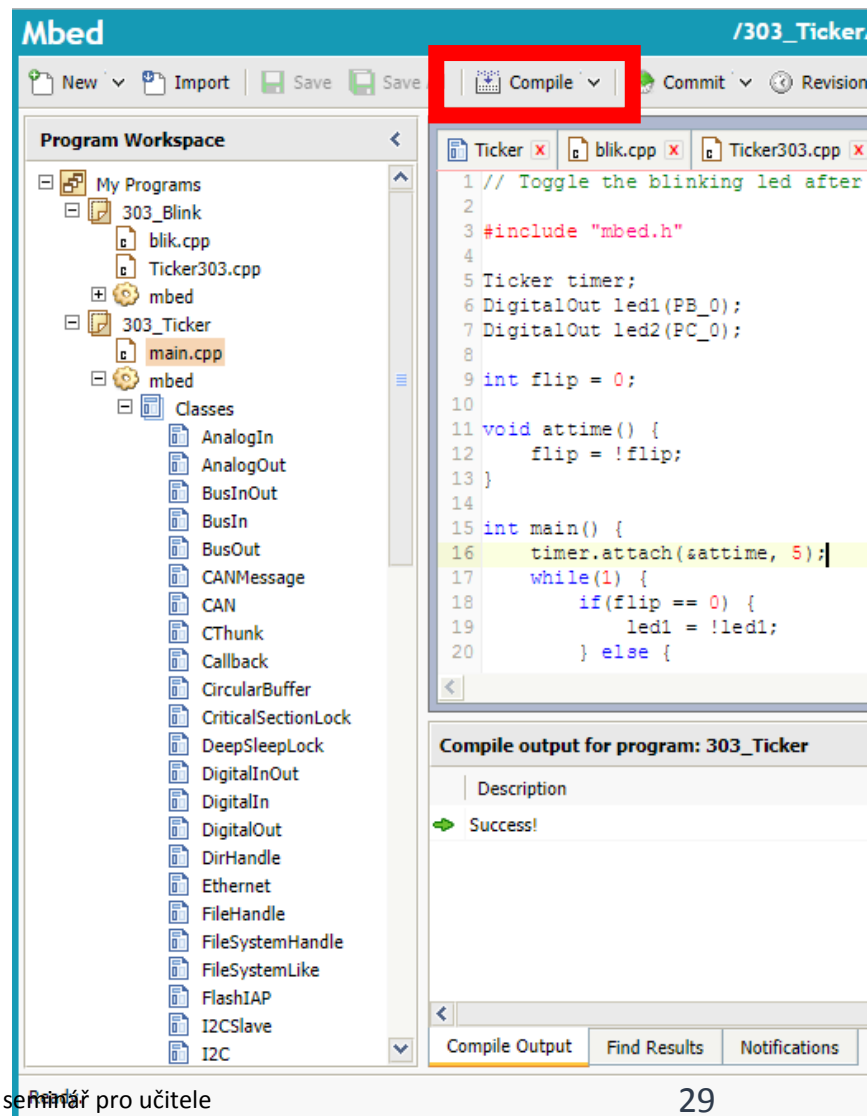
Výpisy událostí

Compile Output Find Results Notifications

Ready 29.6. 2018 Výuková laboratorní sestava - seminář pro učitele col 30 25 INS 28

Práce s compilerem

- Hotový program:
 1. Kompilovat
 2. Soubor se přeloží do .bin (.hex) a stáhne se
 3. Přes USB kopírovat do kitu jako na flash disk
 4. Program se sám nahraje
 5. Program běží 😊



Základy programování - C v mbed

- Vykonávání programu
 - Od začátku funkce **main()** { }
 - Deklarace proměnných před main – globální, v blocích – lokální
- Proměnné
 - Celá čísla
 - Inicializace: **int x;**
 - Zápis: **x = 15;**
 - Desetinná – **float** nebo **double**

Základy programování - C v mbed

- Smyčky
 - `while (podmínka) {kód;}`
 - kód se vykonává pokud je splněna podmínka
 - `for (vstupní_příkaz; podmínka; příkaz_na_konci_káže_smyčky) {kód;}`
 - Používána pro cyklus o daném počtu opakování
- Podmínky
 - `if (podmínka1) {kód při splnění1;} else if (podmínka2) {kód při splnění2;} else {kód při nesplnění;}`
- Čekací funkce
 - `wait_ms (čas v ms)`
 - udání času celým číslem
 - Možno i režim sekundy, mikrosekundy

Digitální výstupy, vstupy

- Výstupy
 - Třída DigitalOut
 - Inicializace:
 - `DigitalOut oznaceni(nazev_pinu, vychozi_stav);`
 - Ovládání:
 - `oznaceni = 1;` nebo `oznaceni = 0;`
 - Čtení výstupu:
 - `int promenna;`
 - `promenna = oznaceni;`

Digitální výstupy, vstupy

- Vstupy
 - Třída `DigitalIn`
 - Inicializace:
 - `DigitalIn oznaceni (nazev_pinu, (mód) ) ;`
 - mód – volitelný `PullUp`, `PullDown`, `PullNone`, `OpenDrain`
 - Čtení:
 - `int promenna ;`
 - `Promenna = oznaceni ;`
 - Tlačítka stisknutá v 0, mód `Pullup` vhodný

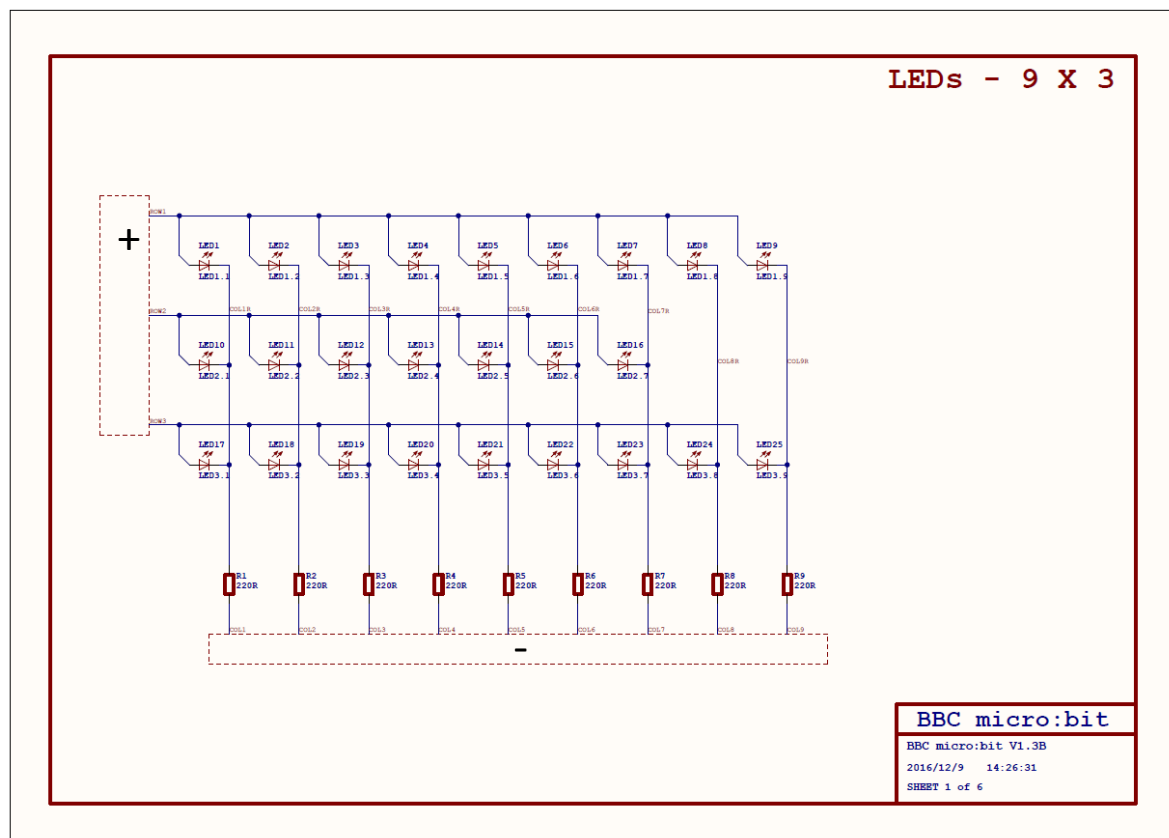
Příklad 1. – ovládání Digitálního výstupu (pinu) STM32F303 Nucleo

- Inicializace výstupu:
 - `DigitalOut myOut(PA_5);`
 - Na Pinu PA_5 je shodou okolností LED dioda
 - stav pinu tedy vidíme díky diodě přímo na kitu
- V nekonečné smyčce:

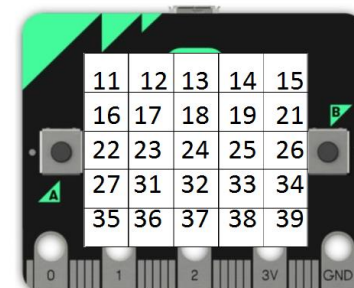
```
myOut = 1; // aktivuje pin
wait(0.2); // čekání, pin aktivní
myOut = 0; // deaktivace pinu
wait(1.0); // čekání
```

Příklad 2. – blikání BBC micro:bit

- Inicializace 2 výstupů
 - Matice 5x5 LED je řízena aktivací řádku a sloupce



Rozsvícení =
Řádek (+)
Sloupec (-)



XY

X... řádek
Y... sloupec

Příklad 2. – blikání BBC micro:bit

```
DigitalOut slupec0(P0_4, 1);
DigitalOut radek0(P0_13, 1);

int main() {
    while(1) {
        slupec0 = 0;    //Rozsviceni
        LED
        wait(0.2);      //200 ms
        slupec0 = 1;    //zhasnuti LED
        wait(0.5);      //500ms
    }
}
```

Příklad 3. – Digitální vstup STM32F303 Nucleo

- Inicializace:

- `DigitalIn mybutton (PC_13) ;`

- PC_13 odpovídá user tlačítku



- Stisknuté tlačítko odpovídá: `mybutton == 0`

- Program:

```
while(1) {  
    if (mybutton == 0) {  
        myled = !myled;  
        wait(0.2);  
    }
```

```
}
```

Analogové výstupy

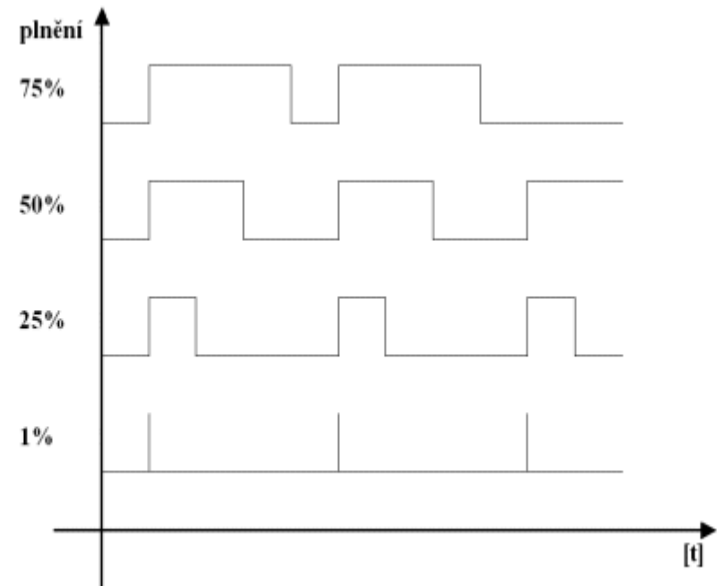
- Analogový výstup
 - Inicializace:
 - **AnalogOut oznaceni (nazev_pinu) ;**
 - Ovládání:
 - **oznaceni = 0,15;**
 - Desetinné číslo 0 – 1
- Ne všechny kity disponují DA převodníkem ->
 - AnalogOut se simuluje PWM signálem

Analogové vstupy

- Analogový vstup – AD převod
 - Inicializace analogového vstupu:
 - **AnalogIn oznaceni (nazev_pinu) ;**
 - Čtení analogového vstupu:
 - **oznaceni.read() ;**
 - načte desetinnou hodnotu 0-1 (float)
 - **oznaceni.read_u16() ;**
 - načte celé číslo 0 – 65535
 - Přepočet na napětí dle rozsahu
 - BBC: $U_x = 3,3 * \text{oznaceni}$
 - STM32F303: $U_x = 5 * \text{oznaceni}$
 - Př. 4 – ukázka jednoduchého voltmetru

PWM výstup

- Forma digitálního výstupu
 - Místo `DigitalOut` je `PwmOut`
- Nastavení periody a střídý
- Inicializace:
 - `PwmOut oznaceni (pin) ;`
- Nastavení periody:
 - `oznaceni.period_us (period) ;`
 - Perioda v μs
- Nastavení střídý:
 - `pwm.write(float_strida) ;`
 - Desetinné číslo 0 - 1



Sériová linka - UART (Ukázkový program 0_UART_demo.cpp)

- Inicializace sériové linky:
 - **Serial pc(USBTX, USBRX, 9600) ;** – nastav sériovou linku k PC 9600baud (BBC: 115200)
- Zápis dat:
 - **printf("format", promenne)** – zápis zprávy
- Čtení dat
 - **scanf("format", &promenne)** – načtení zprávy o definovaném formátu
- Formát udáván formátovým řetězcem
 - %f desetinné číslo
 - %d celé číslo
 - %s obecný řetězec znaků

Závěr

Děkuji za pozornost

Prostor pro dotazy

popřípadě na mailu: kurkape6@fel.cvut.cz