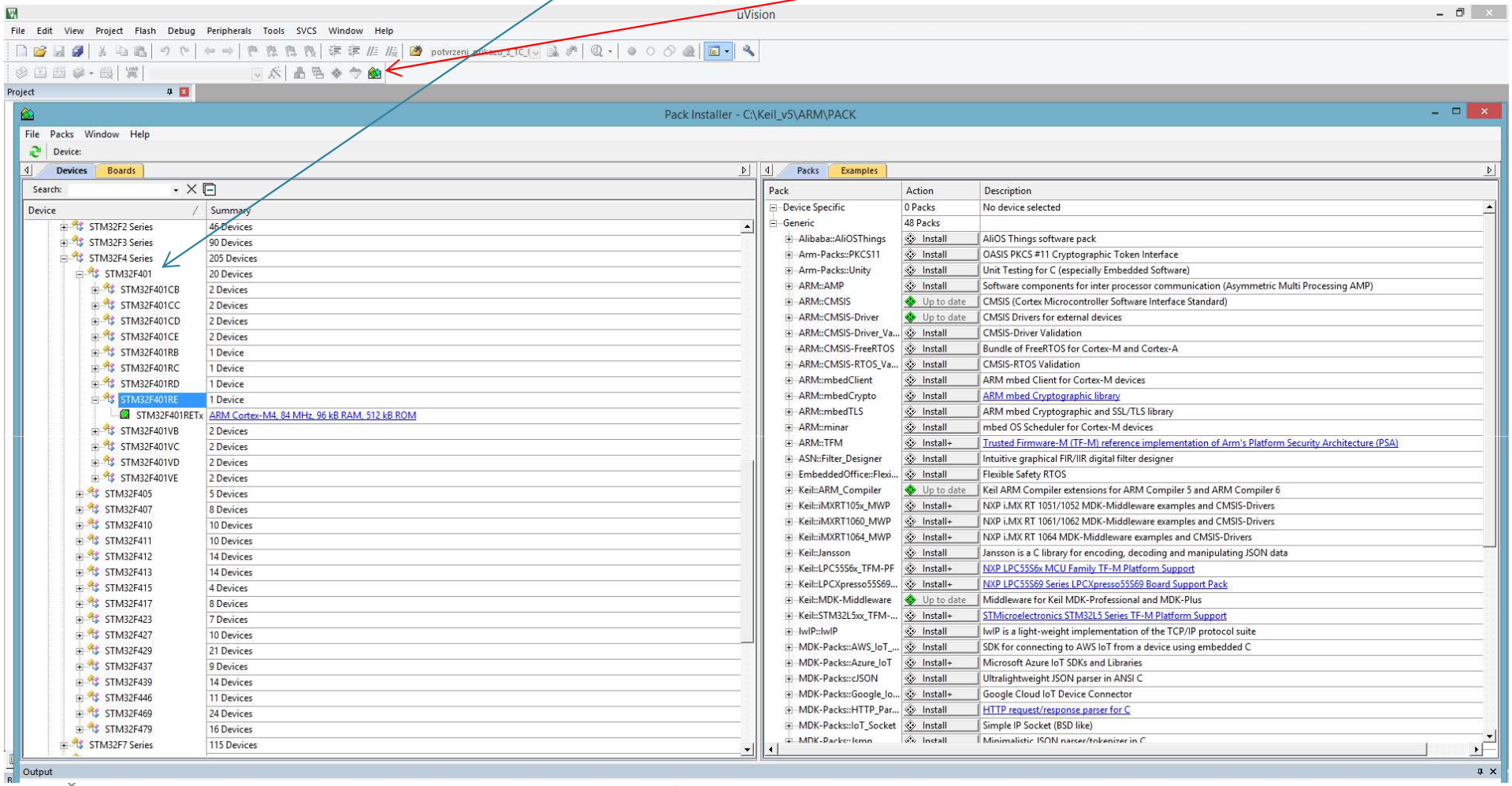
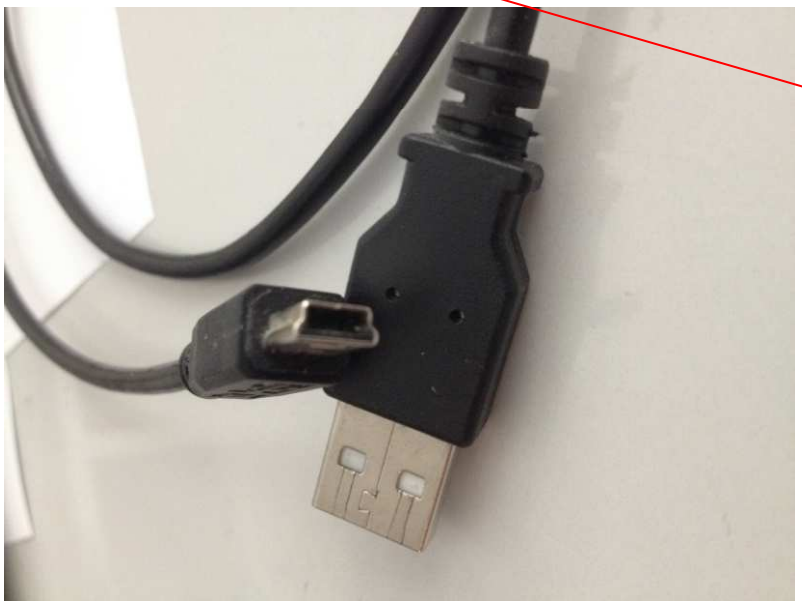
PRVNÍ KROKY K REALIZACI PROGRAMU

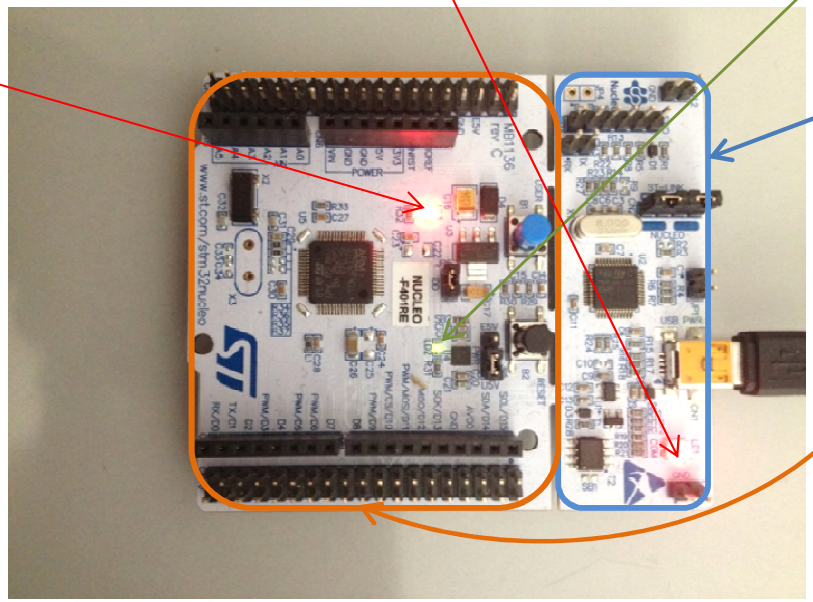
- Nainstalujeme si na PC program Keil uVision5 5.36 nebo vyšší a STM32 ST-LINK Utility V3.8.0, který je k dispozici na Moodle.
- Po instalaci nebo po prvním spuštění zmáčkneme ikonu programu pack. Vybereme ST electronic, STM32F4 a poklepeme na ni. Nahrají se potřebné knihovny.



PRVNÍ KROKY K REALIZACI PROGRAMU

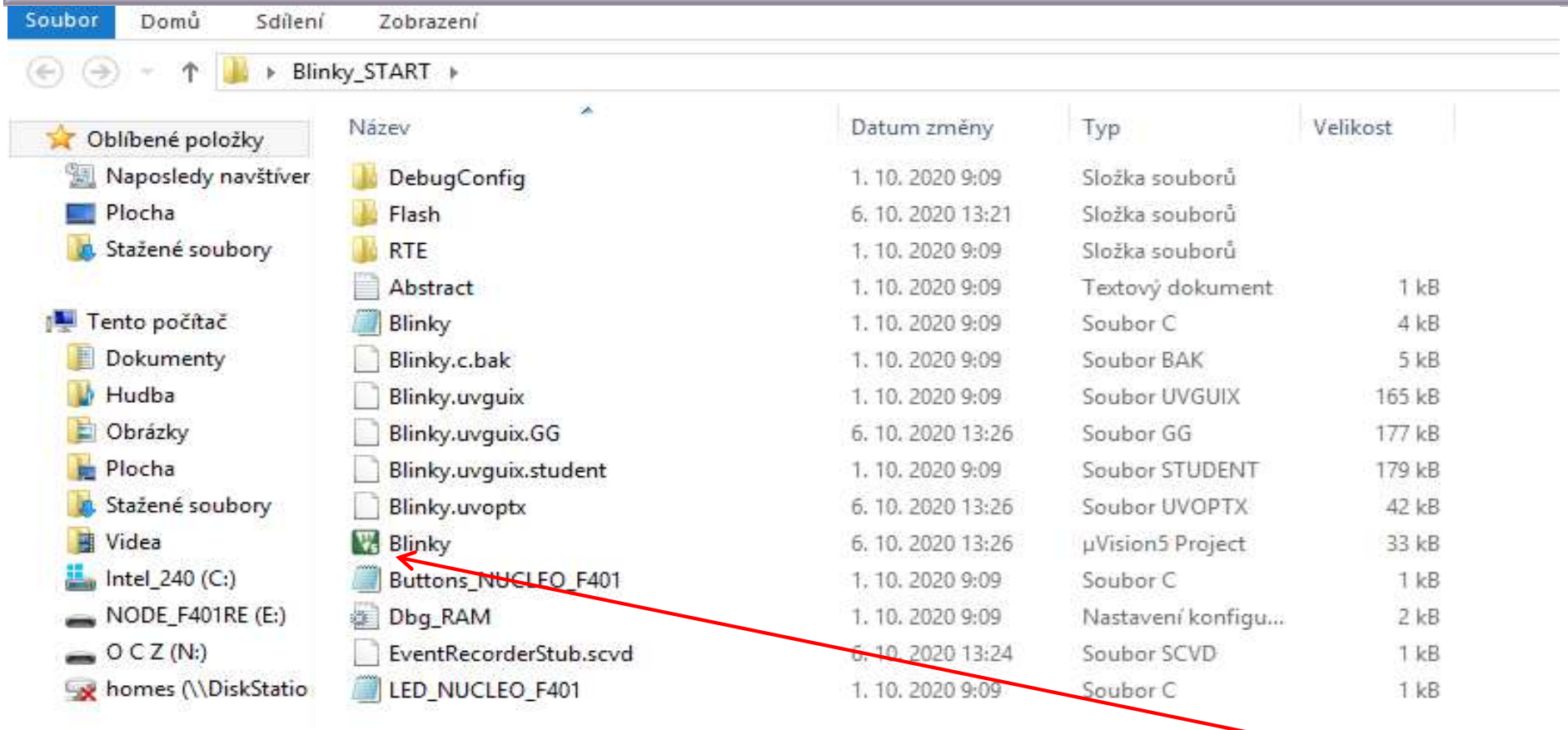
- Propojíme kabelem PC s vývojovým modulem. Na modulu se rozsvítí červená dioda a v části ST-Link svítí dioda též červeně viz. obrázek. Zelená dioda může a nemusí svítit, záleží na posledním uloženém programu.





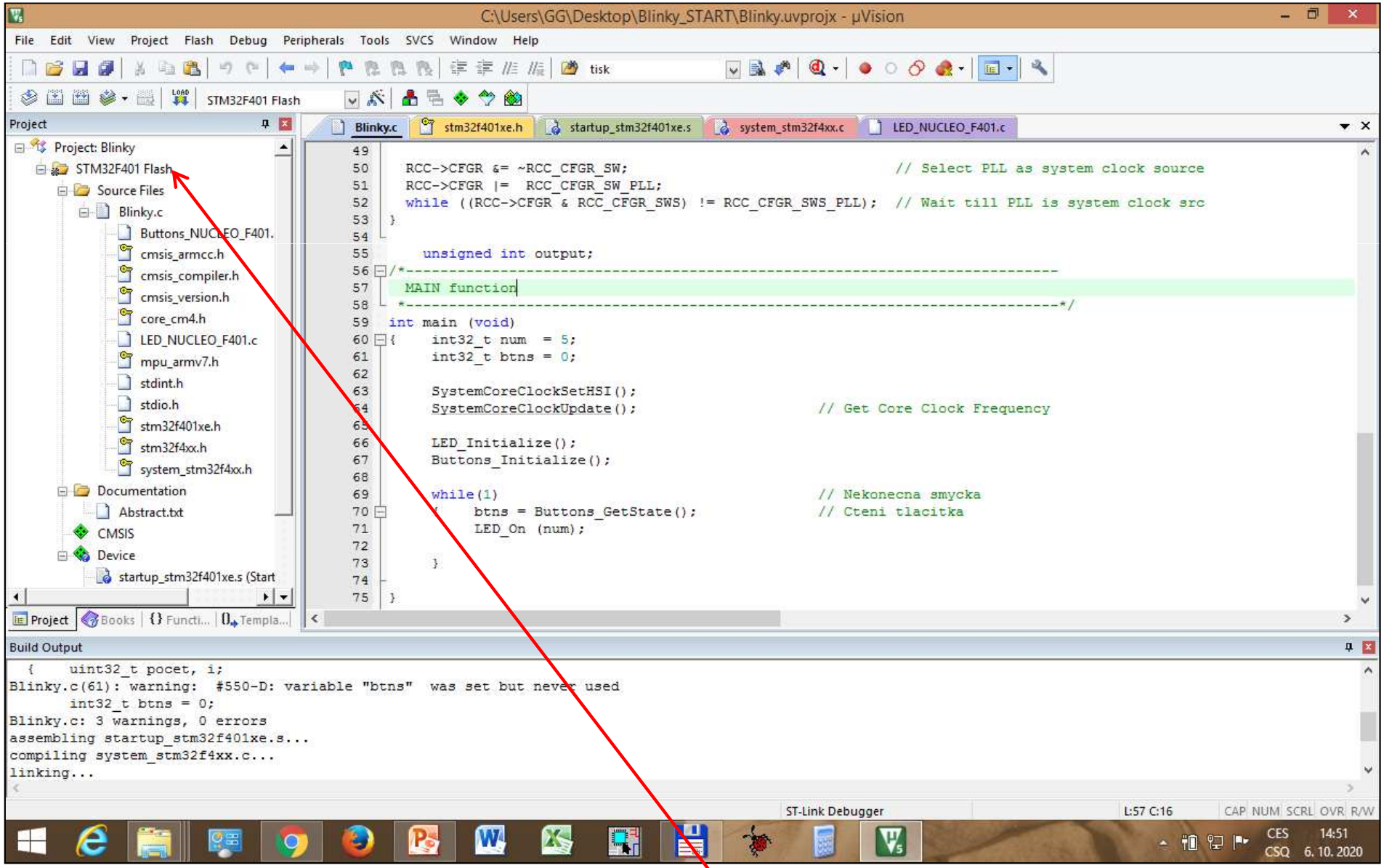
- Z Moodle si nakopírujeme soubor Blinky_START.zip, rozbalíme direktorář Blinky_START umístíme na disk.
- Otevřeme direktorář Blinky_START, kde budou umístěny následující programy.

PRVNÍ KROKY K REALIZACI PROGRAMU



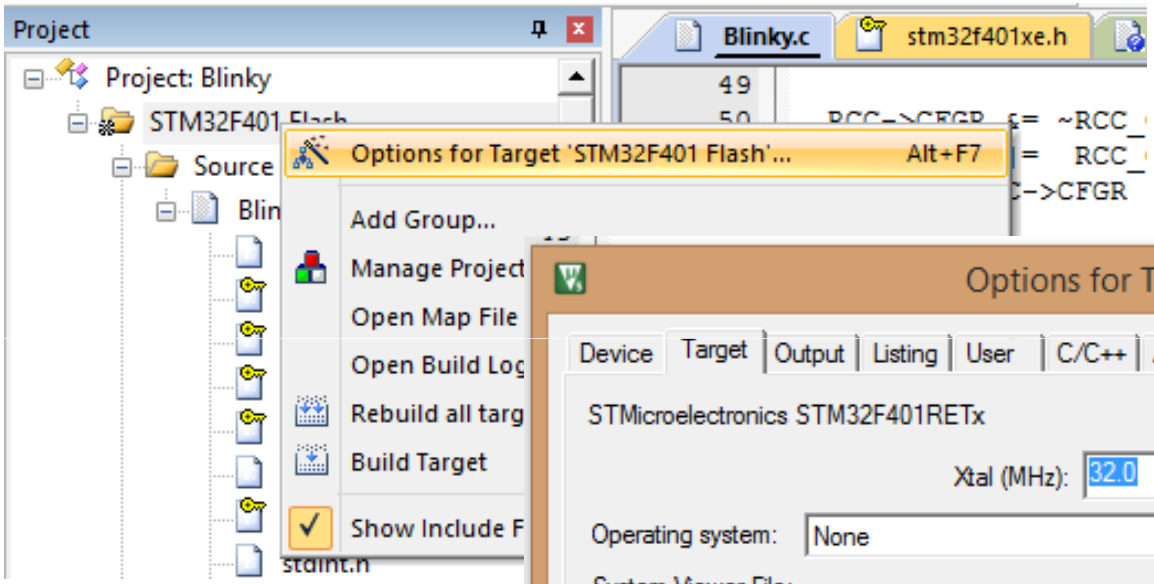
- Vývojové prostředí Keil uVision5 spustíme poklepáním na zelenou ikonku Blinky
- Pro seznámení se ze systémem a ověření funkčnosti bude potřeba doplnit programy Blinky.c, LED_NUCLEO_F401.c a Buttons_NUCLEO_F401.c. Dříve, něž k tomu přistoupíte, zkontrolujeme propojení modulu s vývojovým prostředím.
- Po spuštění prostředí uvidíme obrazovku

PRVNÍ KROKY K REALIZACI PROGRAMU

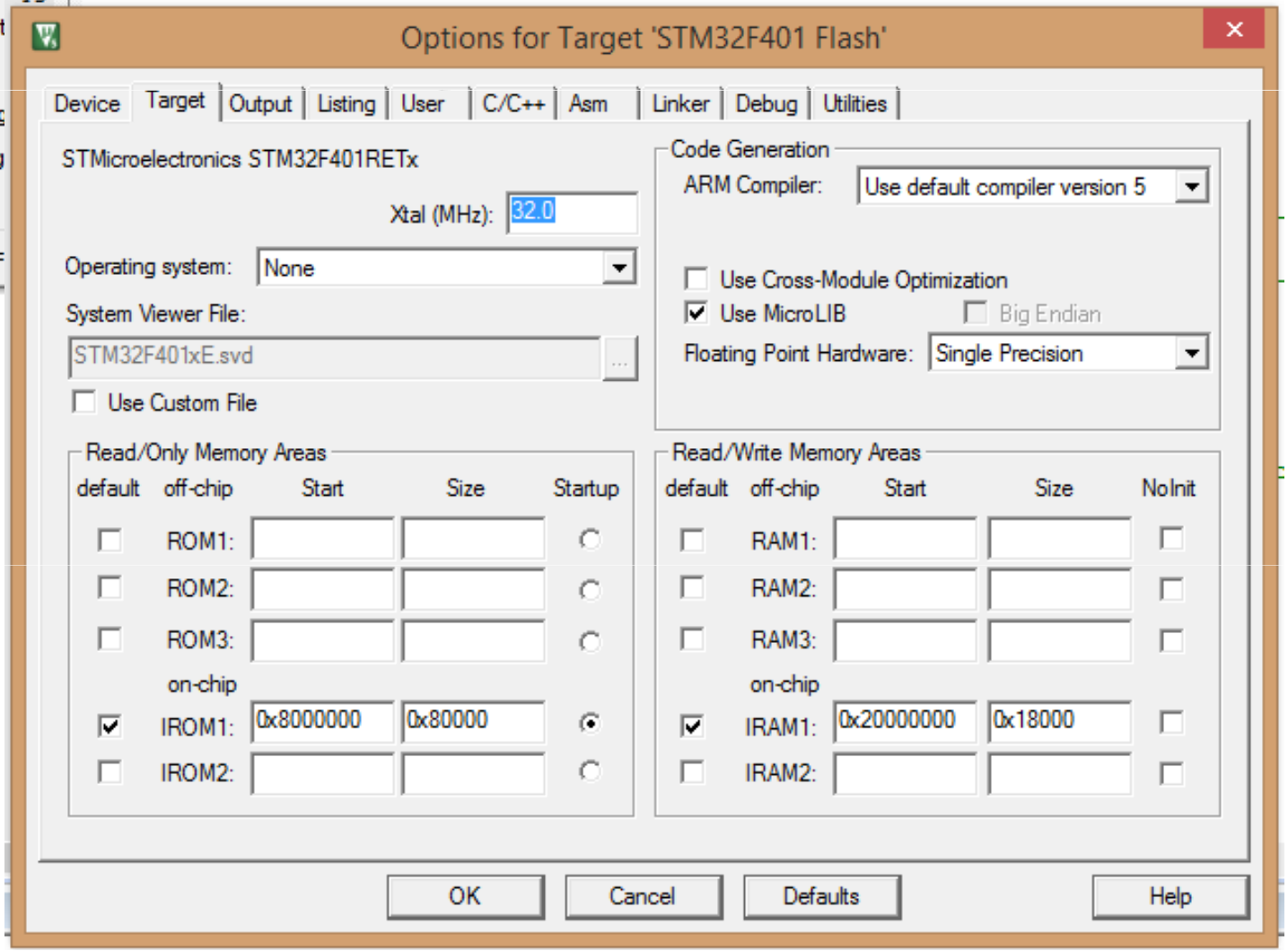


❖ Pravé tlačítko myši na název projektu

NEJDŮLEŽITĚJŠÍ NASTAVENÍ

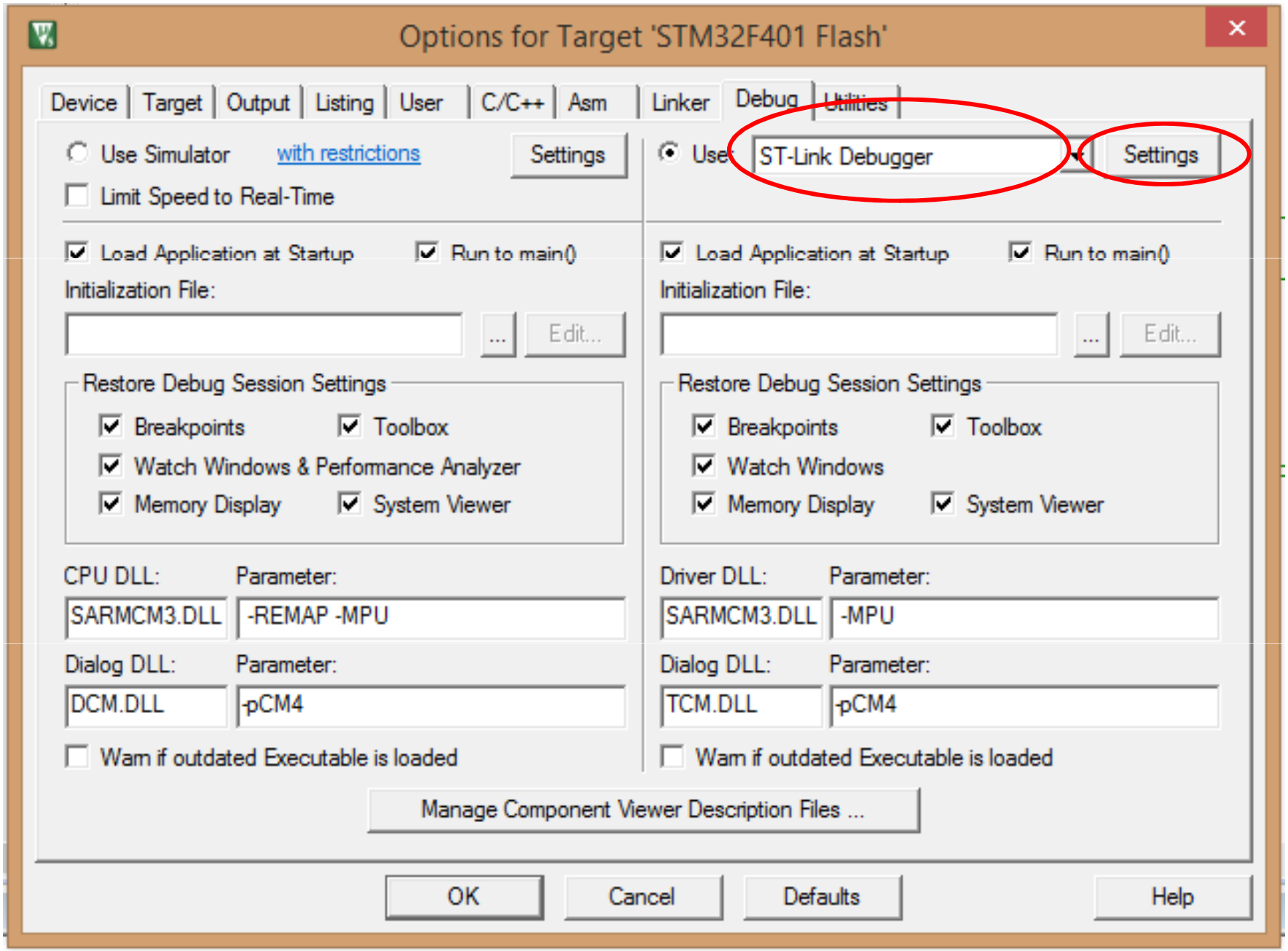


- Po vybrání položky Option for….
- Uvidíme okno

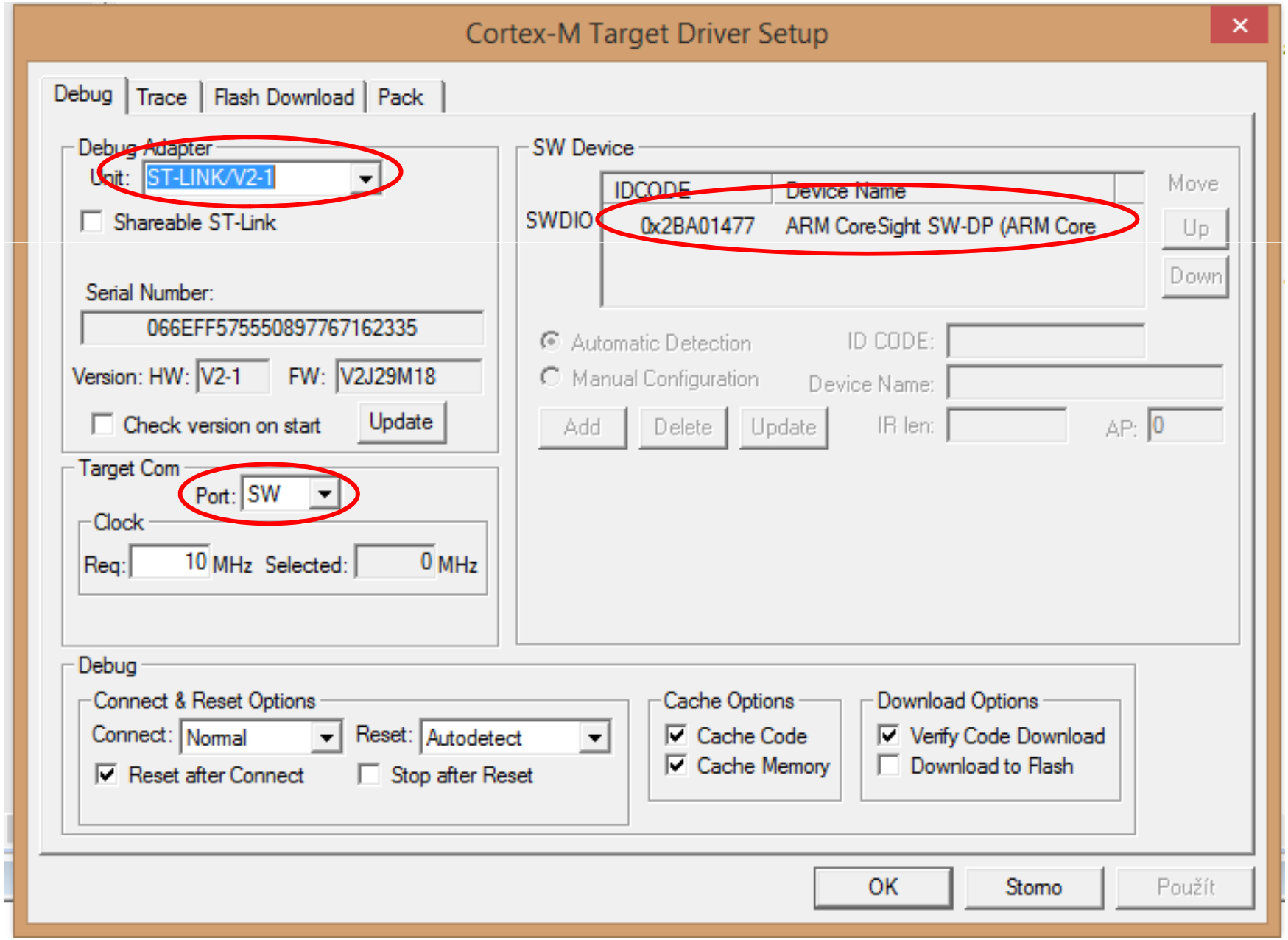


- Device – použitý procesor
- Target – hodinový kmitočet
- Debug – další stránka

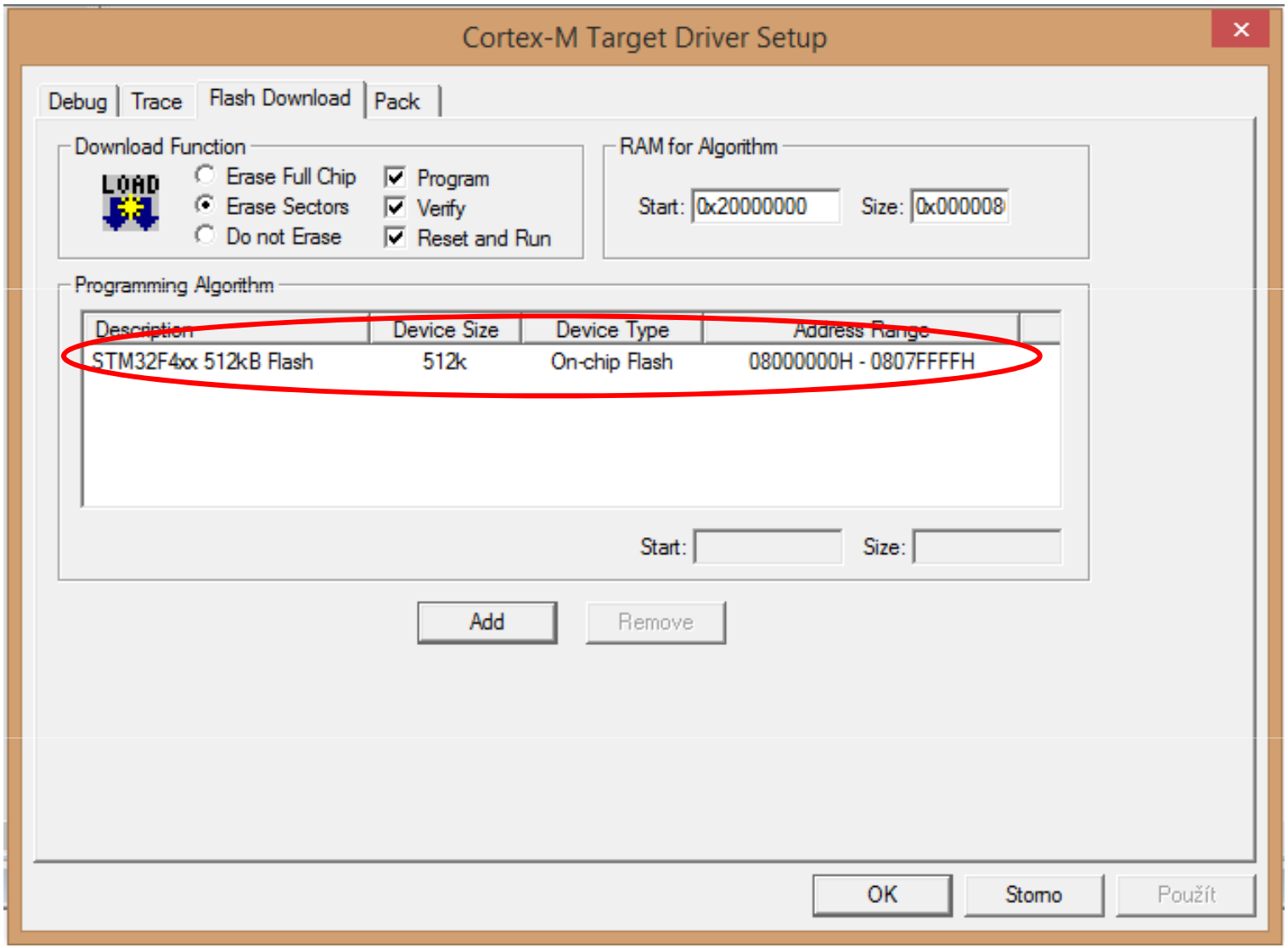
NEJDŮLEŽITĚJŠÍ NASTAVENÍ



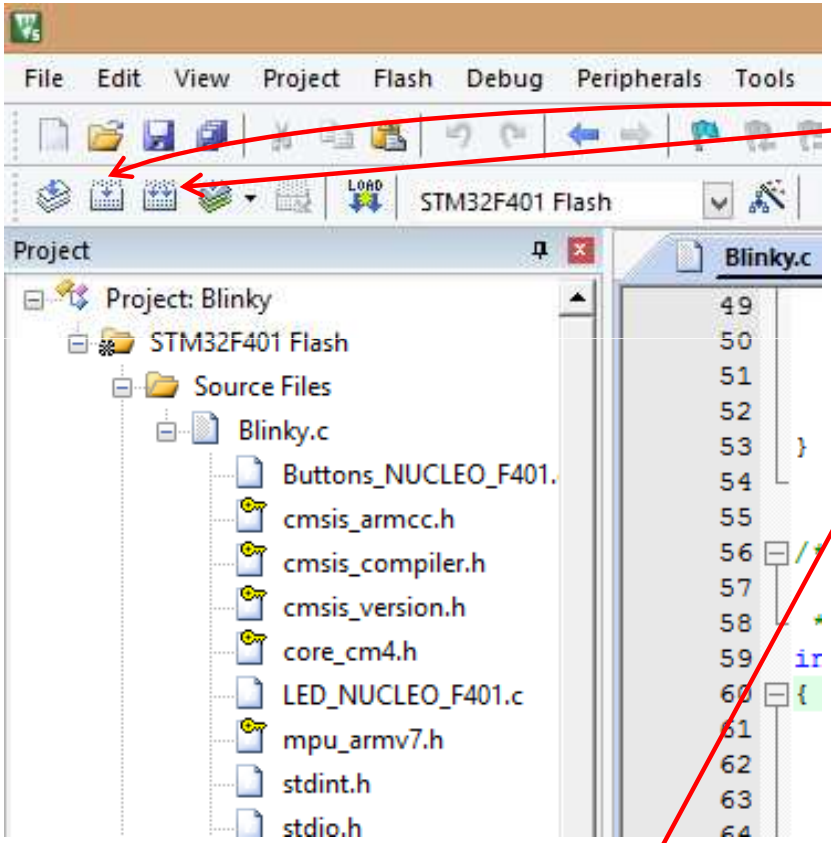
NEJDŮLEŽITĚJŠÍ NASTAVENÍ



NEJDŮLEŽITĚJŠÍ NASTAVENÍ



PŘEKLAD PROGRAMU

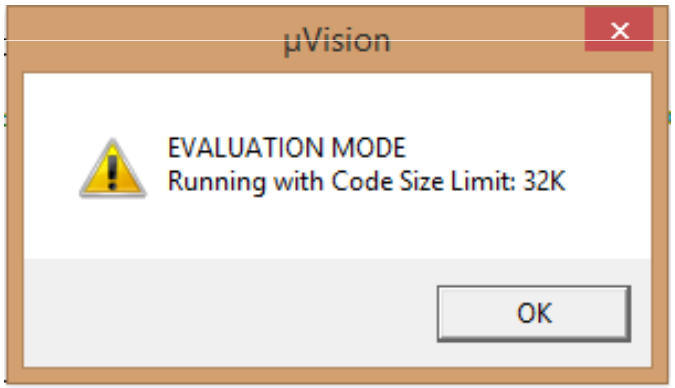


- Překlad programu zajistíme pomocí ikon
- Po překladu zkontrolovat zda je bez chyb, varování jsou většinou nevýznamná
- Code – velikost strojového kódu programu
- RO-data – velikost konstant v programu
- RW-data – velikost paměti pro proměnné

```
Build Output
Blinky.c: 3 warnings, 0 errors
assembling startup_stm32f401xe.s...
compiling system_stm32f4xx.c...
linking...
Program Size: Code=694 RO-data=462 RW-data=4 ZI-data=1028
".\Flash\Blinky.axf" - 0 Error(s), 3 Warning(s).
Build Time Elapsed:  00:00:03
```

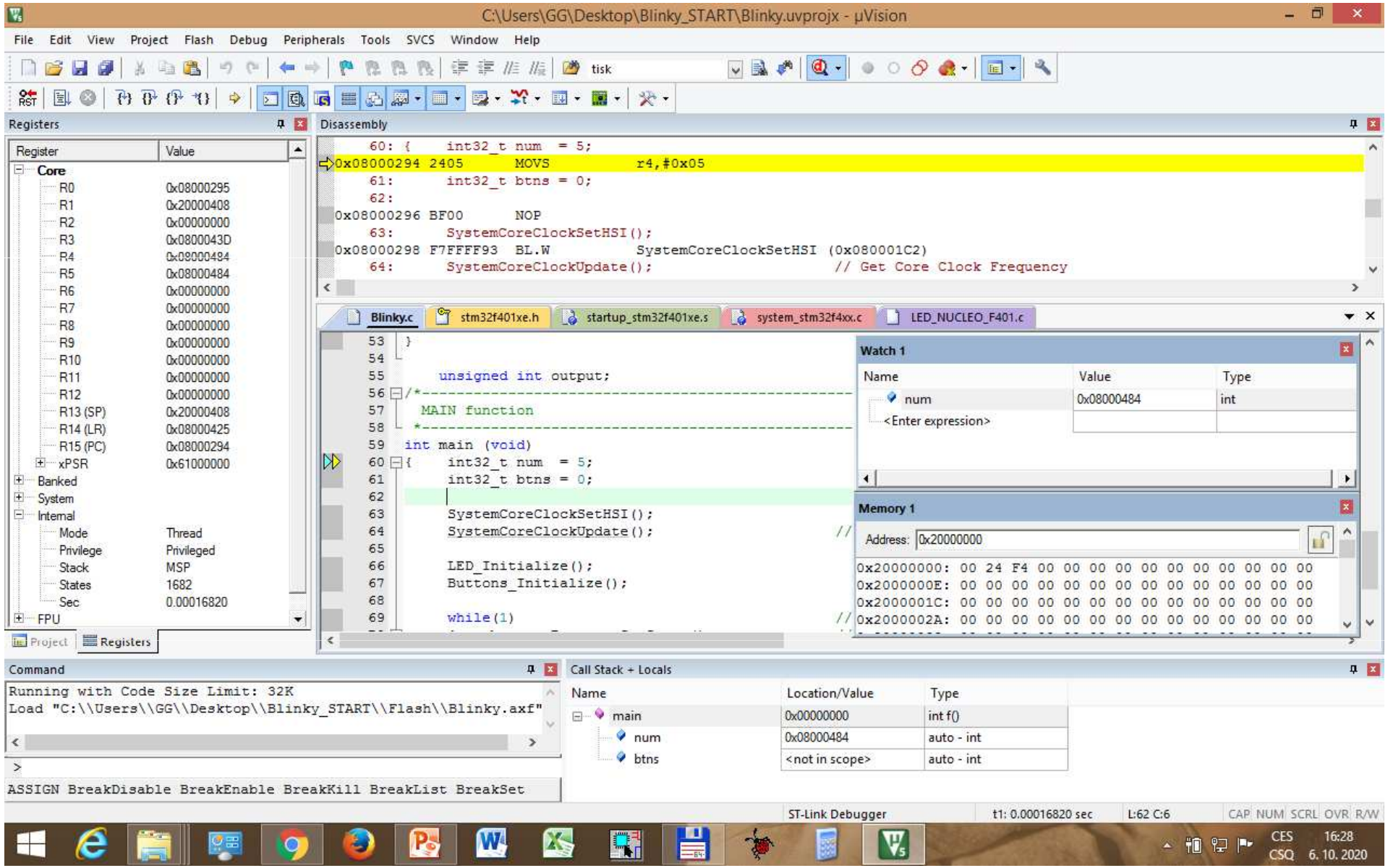
SPUŠTĚNÍ PROGRAMU

- Spuštění programu zajistíme v záložce Debug – Start/Stop Debug Session nebo pomocí ikonky lupy s písmenem d. Je-li vše v pořádku, pak by se v levém dolním rohu měl na krátkou dobu objevit modrý proužek indikující přenos strojového kódu do vývojového modulu a následující zpráva.



- Po zmáčknutí OK přecházíme do okna Debug, které je na následující stránce. Pro začátek se spokojíme s následujícími okny:
  - ✓ Okno se zdrojovým programem nebo obsahem zvoleného souboru
  - ✓ Okno Disassembly s překladem řádku, na který ukážete ve zdrojovém programu.
  - ✓ Okno Project se soubory projektu nebo se stavem registrů Registers
  - ✓ Můžeme si aktivovat okno Memory, Watch a další.

OBRAZOVKA DEBUG PROSTŘEDÍ



Spuštění programu - F5, dioda ST Link – bliká a mění barvu. Krokování - F11 nebo F10. Nastavení hodin nekrokovat přeskočit na Breakpoint.

ÚPRAVA PROGRAMU BLINKY PRO REALIZACI ZÁKLADU ÚLOHY 1

- Program Blinky.c obsahuje dva systémové podprogramy a dva inicializační podprogramy pro tlačítko a diodu LED. Oba se skrývají v souborech LED_NUCLEO_F401.c a Buttons_NUCLEO_F401.c. V těchto podprogramech jsou prázdné podprogramy, do kterých je potřeba napsat inicializaci vývodů viz. Soubor MAM_2022-Konfigurace GPIO bran.pptx. Dále je potřeba doplnit rutinu pro čtení tlačítka a rozsvícení a zhasnutí LED.

```
SystemCoreClockSetHSI();
SystemCoreClockUpdate();                    // Get Core Clock Frequency

LED_Initialize();
Buttons_Initialize();
```

- Vámi navržená řešení je možné porovnat u řešeními uvedenými na následujících dvou stranách.
- Pro další úlohy již nebudeme vypisovat inicializaci I/O vývodu uvedeným způsobem, ale použijeme připravenou knihovnu **Nastaveni_GPIO.zip**. Ta nám umožní inicializovat vývod zápisem na jeden řádek takto:

```
PIN_OUTPP_Initialize (GPIOA,9);
PIN_OUTPP_Initialize (GPIOB,5);
PIN_IN_Un_Initialize (GPIOA,1);
```

KONFIGURACE A OVLÁDÁNÍ LED NA BRÁNĚ GPIOA VÝVOD PA5

```
// PODPROGRAM PRO INICIALIZACI A NÁSLEDNÉ ROSVÍCENÍ a ZHASNUTÍ LED NA BRÁNĚ PA5

#include "stm32f4xx.h"                        // Device header
#define LED 5

int32_t LED_Initialize (void)                 // void možno nahradit proměnou
{       RCC->AHB1ENR |=  (1ul << 0);          // Povoleni hodinového signálu pro GPIOA
        // Nastaveni vývodu PA.5 (Zelena LED)  na výstup push-pull
        // bez upnutí k napájení nebo zemi
        GPIOA->MODER   &= ~((3ul << 2*LED)); // Stav po nulovaní (rušeni předchozího
stavu)
        GPIOA->MODER   |=  ((1ul << 2*LED)); // Vystup
        GPIOA->OTYPER  &= ~((1ul <<   LED)); // Push-Pull
        GPIOA->OSPEEDR &= ~((3ul << 2*LED)); // Rušeni předchozího stavu
        GPIOA->OSPEEDR |=  ((1ul << 2*LED)); // Medium speed
        GPIOA->PUPDR   &= ~((3ul << 2*LED)); // Bez Pull DOWN i Pull UP
        return (0);
}

int32_t LED_On (uint32_t num)
{       if (num < 16)
        {    GPIOA->BSRR |= (1ul << LED); }
//  nebo    GPIOA->BSRRL |= (1ul << LED);
        return (0);
}

int32_t LED_Off (uint32_t num)
{       if (num < 16)
        {    GPIOA->BSRR |= (1ul << LED)<<16; }
//  nebo    GPIOA->BSRRH |= (1ul << LED);
        return (0);
}
```

KONFIGURACE A ČTENÍ STAVU TLAČÍTKA NA VÝVODU PC13

```
// PODPROGRAM PRO INICIALIZACI A NÁSLEDNÉ ZJIŠTĚNÍ STAVU TLAČÍTKA NA VÝVODU PC13

#include "stm32f4xx.h"                       // Device header

int32_t Buttons_Initialize (void)
{    RCC->AHB1ENR |=  (1ul << 2);            // Povoleni hodinového signálu pro GPIOC
                                             // V registru AHB1ENR nastaven bit 2
                                             // (počítáno od 0)
     // Nastaveni vývodu PC.13 (Modré tlačítko) na vstup, bez upnutí k napájení nebo
zemi
     GPIOC->MODER   &= ~(3ul << 2*13);       // Vstup
     GPIOC->OSPEEDR &= ~(3ul << 2*13);       // Rušeni předchozího stavu
     GPIOC->OSPEEDR |=  (1ul << 2*13);       // Medium speed
     GPIOC->PUPDR   &= ~(3ul << 2*13);       // Bez upínacích odporu
     return (0);
}

uint32_t Buttons_GetState (void)
{    if ((GPIOC->IDR & (1ul << 13)) == 0)  return(1);
     else return(0);
}
```

VOLNÉ POUŽITELNÉ A REZERVOVANÉ VÝVODY NA NUCLEO F401

VOLNĚ POUŽITELNÉ GPIOx VÝVODY, KTERÉ MŮŽEME KONFIGUROVAT

GPIOA – PA0 až PA12,
PA2 a PA3 - realizují sériový kanál využívaný ST Linkem
PA13, PA14, PA15 – realizují rozhraní JTAG/SWO

zápis do PA2, 3, 13, 14, 15 vede ke ztrátě komunikace s modulem

Odstranění je popsáno na následující stránce

GPIOB – PB0 až PB10, PB12 až PB15

GPIOC – PC0 až PC15

VÝVODY PŘEDURČENÉ PRO ALTERNATIVNÍ FUNKCE

USART2 – PA2, PA3 - nejsou propojeny na konektor

A/D převodník (skupina A) – PA0, PA1, PA2, PA3, PA4÷7, PB1, PB12÷15, PC0÷5

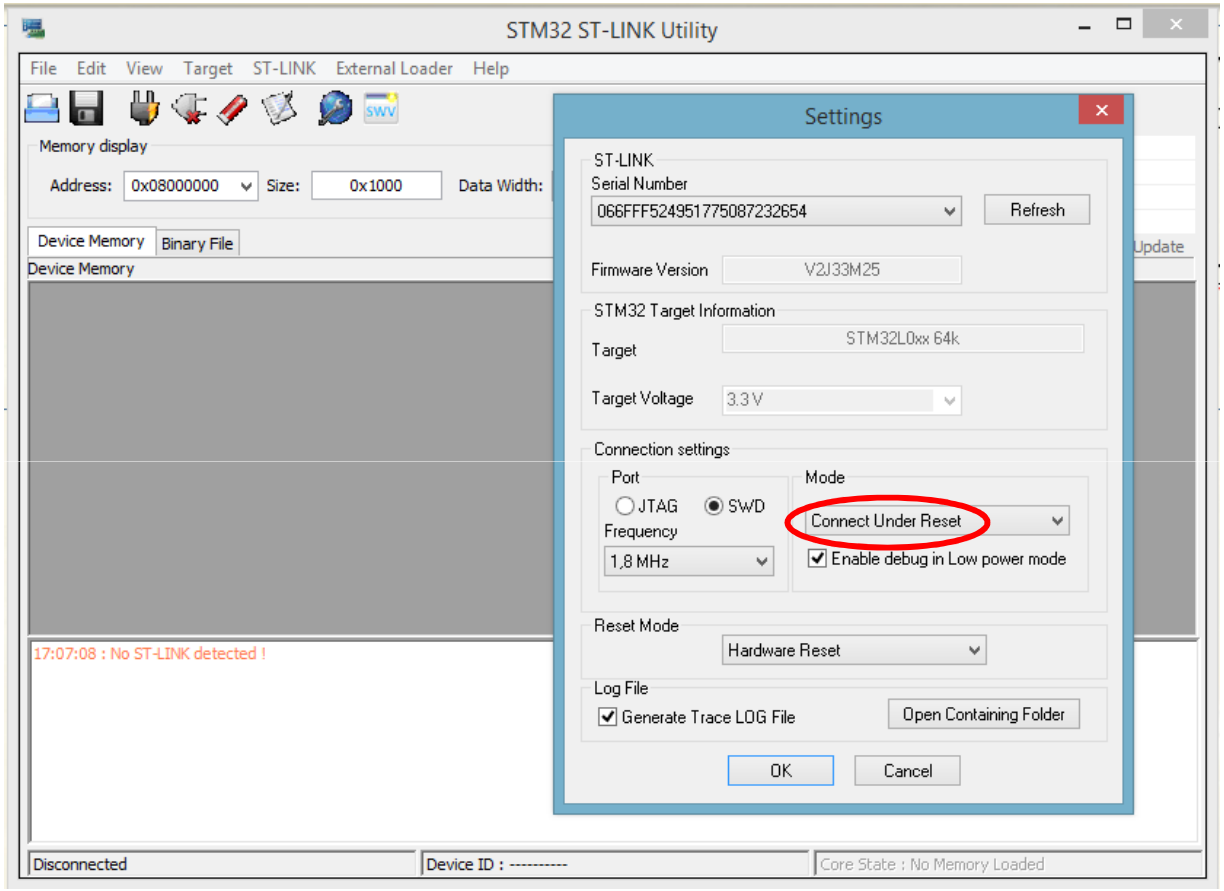
Komparační systém kanál 1 – PA6, PB4, PC6
kanál 2 – PA7, PB5, PC7

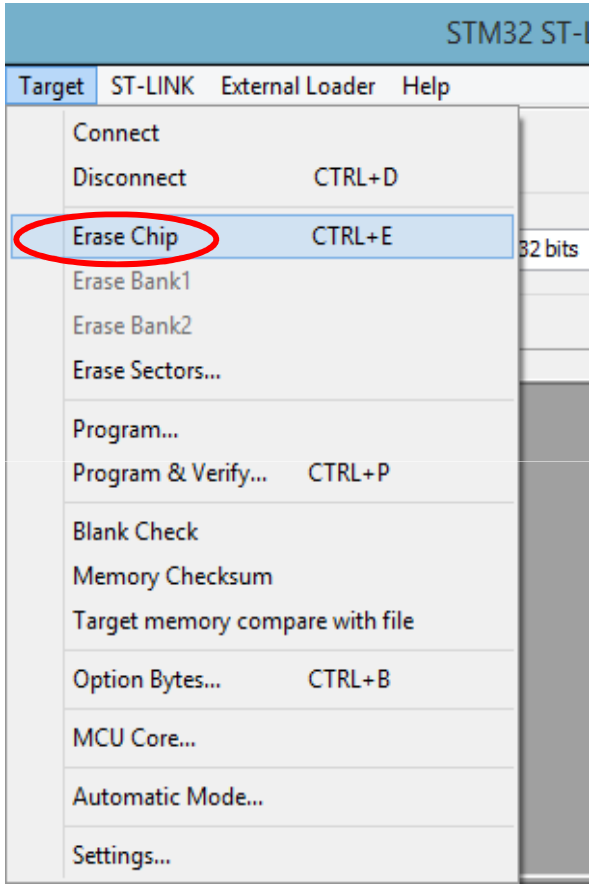
Záchytný systém kanál 1 – PA6, PB4, PC6

OŽIVENÍ MODULU PO ŠPATNÉM ZÁPISU DO BRÁNY PA

Nefungující modul NUCLEO v případech správně nainstalovaného vývojového prostředí Keil i ST-Link. K situaci dochází při zápisu do celé brány PA. **Odstranění:**

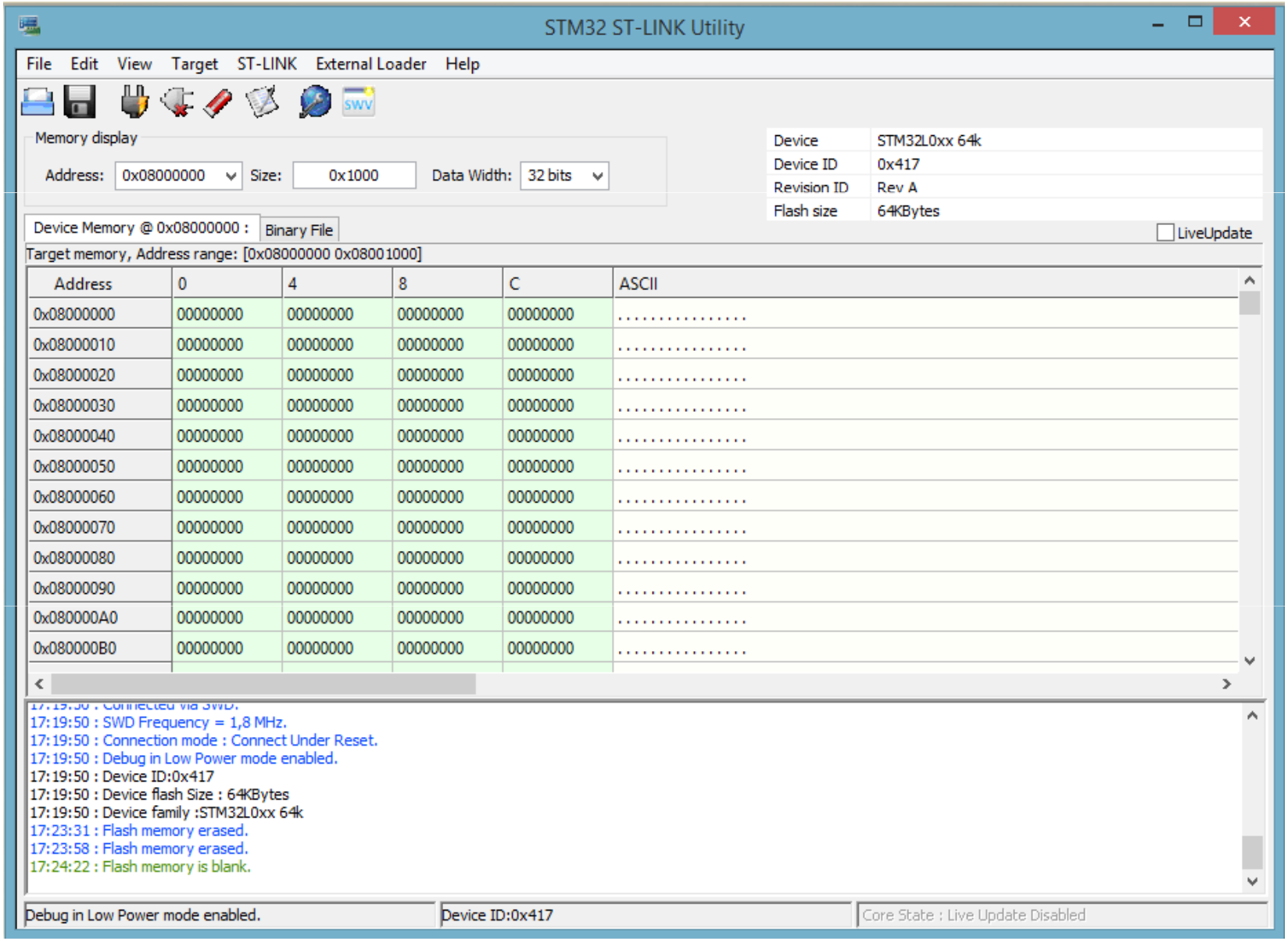
- ❖ Spustit ST link
- ❖ V položce *Target-Settings* nastavit variantu Connect Under Reset a OK
- ❖ Erase Chip



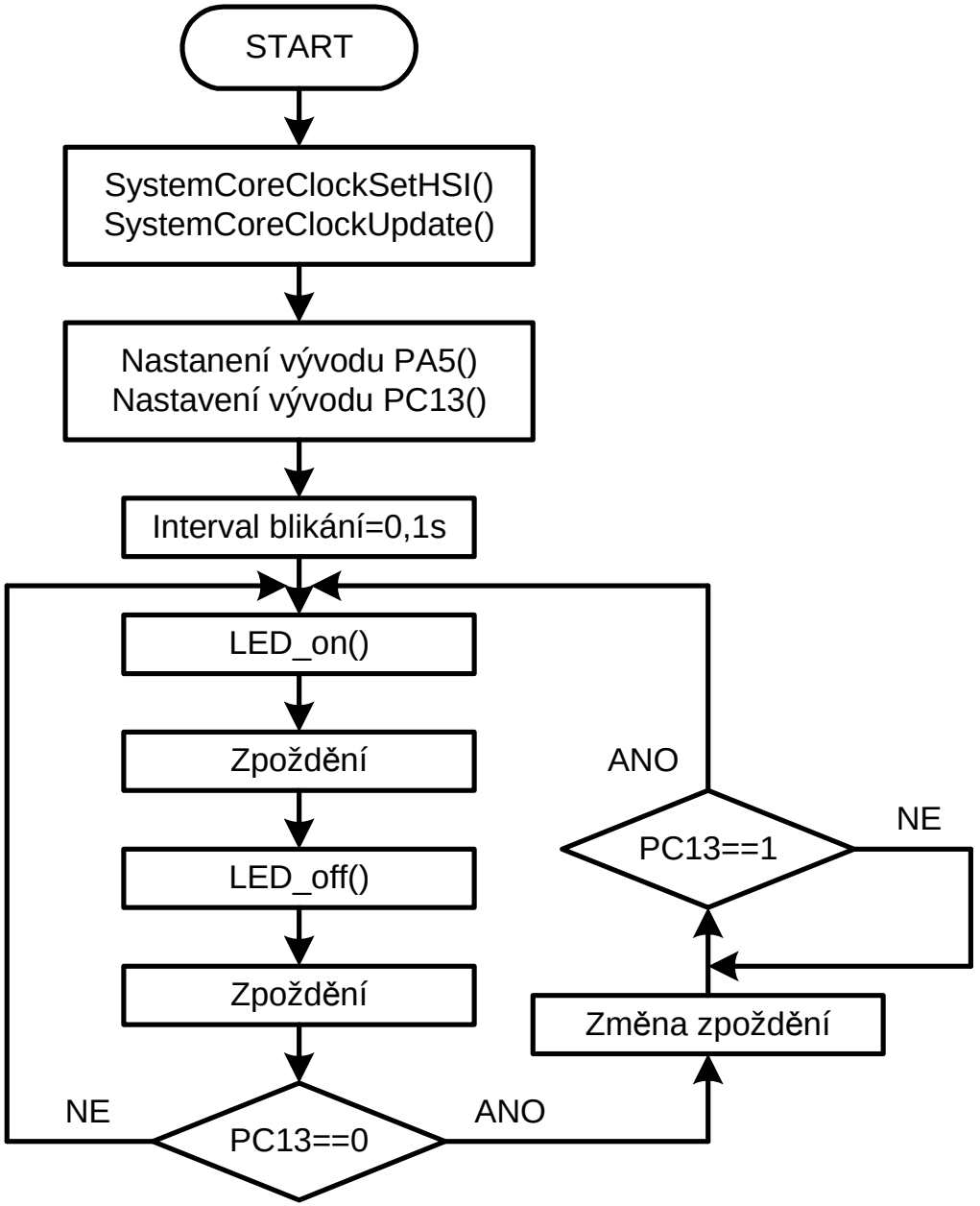


OŽIVENÍ MODULU PO ŠPATNÉM ZÁPISU DO BRÁNY PA

Následně by mělo okno ST Link vypadat takto:



IDEOVÉ ŘEŠENÍ ZÁKLADU ÚLOHY 1



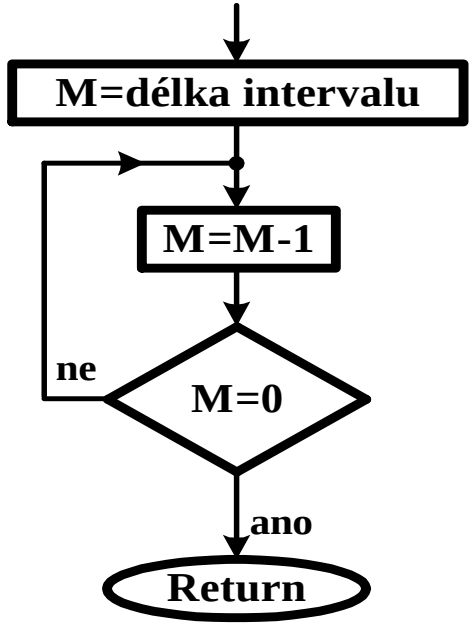
PROGRAMOVĚ GENEROVANÉ ZPOŽDĚNÍ

Vytvoření potřebného zpoždění můžeme realizovat

- Monostabilním obvodem (číslico-analogové řešení)
- Čítačem počítajícím impulzy hodinového signálu (čisté číslicové řešení). V procesorech jsou proto (čítače/časovače) podporované přerušovacím systémem
- Zpožděním vytvořeným dobou trvání programu viz. obrázek.

Zpoždění realizujeme pomocí podprogramu, v kterém zkusmo nastavíme hodnotu odpovídající požadovanému zpoždění. Ta je postupně dekrementována/ inkrementována za pomocí instrukcí. Stabilita programovém řešení Zpoždění je dána stabilitou synchronizačního hodinového signálu procesoru za předpokladu, že:

- Instrukce trvají vždy stejně dlouhou dobu
- Procesor nevykonává jinou činnost, než je vlastní generování zpoždění. Např. se neobjeví obsluha přerušení.



PROGRAMOVĚ GENEROVANÉ ZPOŽDĚNÍ V JAZYCE C A ASEMBLERU

```
const uint32_t doba_zpozdeni  =  0x22800;    // nutno vyzkoušet dobu trvání. Změna hodnoty
                                             // může způsobit v překladu použití jiné instrukce
                                             // a díky tomu dojde ke skokové změně zpoždění.
void Delay (uint32_t pocet_ms)
{    uint32_t pocet, i;
     for (i = 0;i < pocet_ms; i++)
     {    for (pocet = 0; pocet < doba_zpozdeni; pocet++) i=i;}
}
```

```
;*******************************************************************************
;* Jméno funkce           DELAY
;* Popis                  Softwarové zpožděni procesoru
;* Mění stav registrů     R0 a R3
;* Vstup                  R0 = počet opakování cyklu zpoždění
;* Vystup                 Žádný
;* Komentář               Podprogram zpozdí průběh vykonávaní programu
;*******************************************************************************
DELAY                     ; Navěstí začátku podprogramu
        PUSH    {LR}      ; Uloženi hodnoty návratové adresy - LR do zásobníku
WAIT1
        LDR     R3, =doba         ; Vloženi konstanty doba pro prodlevu do R3
WAIT    SUBS    R3, R3, #1        ; Odečteni 1 od R3,tj. R3 = R3 - 1 a nastaveni příznakového
                                  ; registru
        BNE     WAIT              ; Skok na navěstí při nenulovosti R3 (skok dle příznaku)
        SUBS    R0, R0, #1        ; Odečteni 1 od R0,tj. R0 = R0 - 1 a nastaveni příznakového
                                  ; registru
        BNE     WAIT1             ; dokud není nula v R0, skočí na wait1
        POP     {LR}              ; Návrat z podprogramu, obnoveni hodnoty LR ze zásobníku
        BX      LR                ; a návrat do hlavního programu
        ; Nebo jednodušší varianta POP {PC} místo předchozích dvou řádků
        POP     {PC}
;*******************************************************************************
        END               ;Konec programu, jakýkoliv kód za tímto řádkem překladač nepřeloží
```