

# **Laboratoře z průmyslové elektroniky a senzorů**

## **Katedra měření, ČVUT – FEL, Praha, letní semestr 2017/18**

**J. Fischer, V. Petrucha,, T. Drábek**

**Sestavení kitu s procesorem STM32F042F6P6 na  
nepájivém kontaktním poli pro přístroj F0 – Lab**

# Náplň

## Požadavek na přístroje a jejich funkce

### Náhrada přístrojových funkcí mikroprocesorem (software defined instrumentation)

- Využití **procesoru STM32F042** pro realizaci přístrojů
- Realizace kitu na **nepájivém kontaktním poli**, schéma, postup
- Základní oživení kitu, blikání **LED**
- Instalace SW a **ovladačů** na PC
- Použití programu **BOOT loader** pro nahrání firmwaru
- Oživení kitu s USB a nahrání firmware přes USB
- Funkce F0 – Lab přístrojové funkce a jejich využití

# Proč Kit s procesorem STM32F042

Pro experimenty potřebujeme přístroje typu

- Voltmetr
- Osciloskop
- Impulsní generátor

Potřeba pro každého studenta v laboratoři i pro domácí přípravu

## Funkce přístrojů:

- Měřit statické nebo velmi pomalu proměnné napětí, případně proudy
- Měřit průběh signálu v čase
- Generovat impulsní signál

Nahradiť přístroje **SDI (softwarově definovaným přístrojem)** s využitím procesoru s USB a PC

**Procesor – sběr dat a generování signálu**

**PC – napájení, ovládání a zobrazení výsledků**

# Volba procesoru pro přístroj

**Co musí procesor obsahovat**

**Potřeba měřit napětí, převodník napětí na číslo, analog-číslicový převodník**

**Analog – Digital Converter – ADC**

**Impulsní generátor - PWM**

**Rozhraní USB pro komunikaci**

**Možnost nahrát firmware do procesoru přes USB (Boot loader)**

**Možnost využít kit i pro tvorbu vlastních programů pomocí on-line IDE**

**mbed – musí existovat kit se stejným procesorem podporovaným**

**mbed** (developer.mbed.org)

**Možnost zapájet na adaptor** a umístit na kontaktní pole, dostupnost

**Volba – microcontroller STM32F042F6P6** v pouzdře TSSOP20

**V tomto textu se pro STM32F042 používá zjednodušené označení „procesor“**

*[http://www.st.com/content/st\\_com/en/products/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32-mainstream-mcus/stm32f0-series/stm32f0x2/stm32f042f6.html](http://www.st.com/content/st_com/en/products/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32-mainstream-mcus/stm32f0-series/stm32f0x2/stm32f042f6.html)*

**Kit** *<https://os.mbed.com/platforms/ST-Nucleo-F042K6/>*

# Materiál

- **nepájivé kontaktní pole**
- **modul** s procesorem **STM32F042F6P6** na adaptoru
- **konektor mini USB** s kontakty na adaptoru
- **stabilizátor +3,3 V** typu **HT 7533-1**
- **2x LED**
- **rezistor 470 Ohmů,**
- **2x** elektrolyt. kondenzátor **22 uF/25 V**
- **přepínač** (přepínání BOOT /RUN)
- **tlačítko** (Reset)

# Realizace F0 – Lab s mikrořadičem

## Realizace laboratorního přístroje F0 – Lab s mikrořadičem

**Mikrořadič** (procesor) **STM32F042F6P6**

**Procesorové jádro ARM Cortex – M0, 32-bitový procesor**

Obsahuje:

Paměti: programu **FLASH 32 kByte**, paměť **RAM 6 kByte**

**sběrnice, vstupně výstupní brány, čítače-časovač,**

**Převodník ADC** (analog-číslicový převodník) **s rozlišením 12 bitů**

tedy výstupem jsou binární čísla

**0 V ..... výstup 0000 0000 0000**

**3,3 V ( resp.  $V_{DDA}$ ) výstup 1111 1111 1111**

(což představuje **0 až 4095** dekadicky)

**Rozsah** převodníku ADC je určen napětím  **$V_{DDA}$**

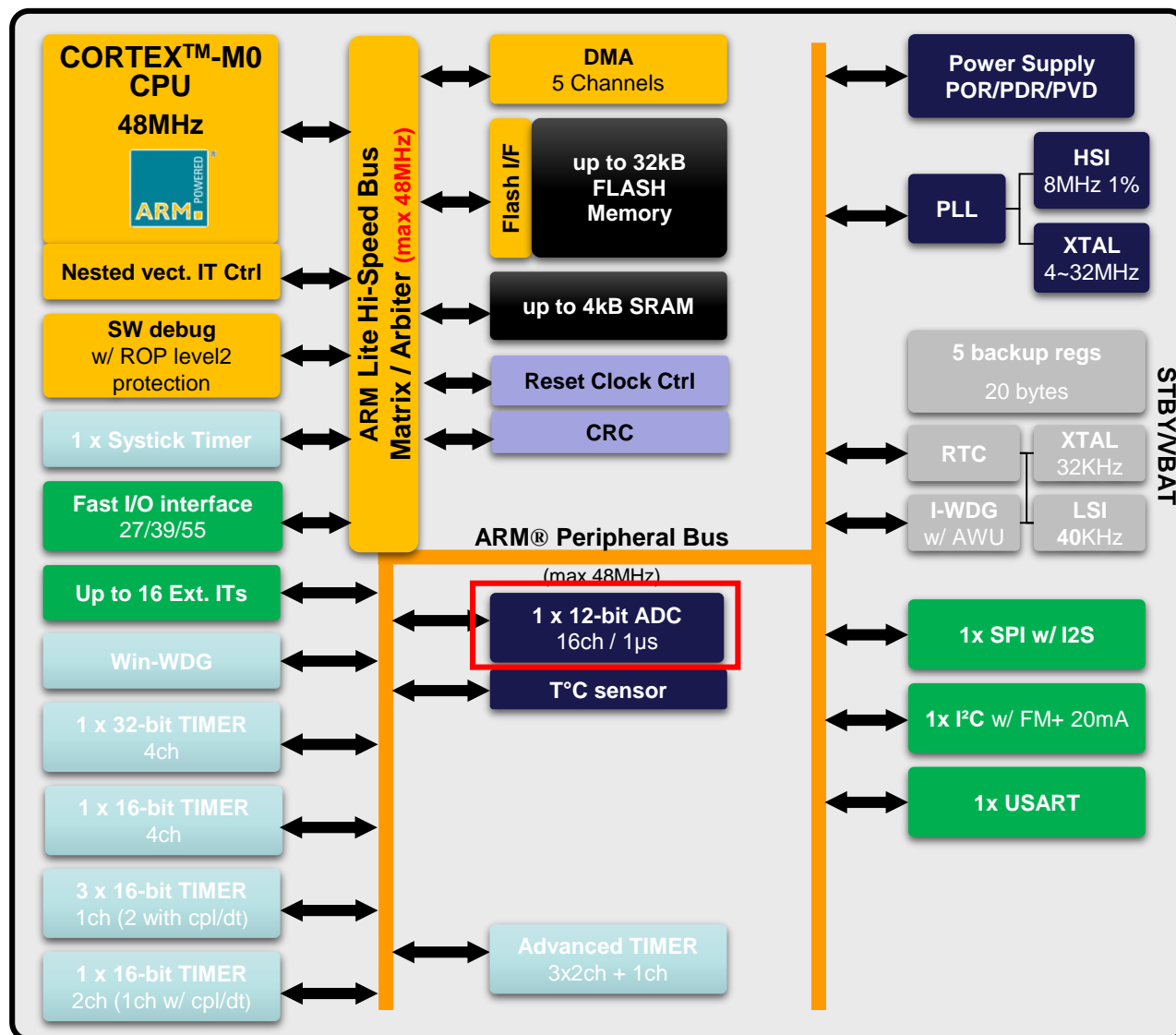
pokud je  **$V_{DDA} = 3,3 \text{ V}$** , pak je **krok** (kvantum) **převodníku** přibl. **0,8 mV**

**Rozlišení – srovnatelné s multimetrem**

# Bloková struktura mikrořadiče STM32F031

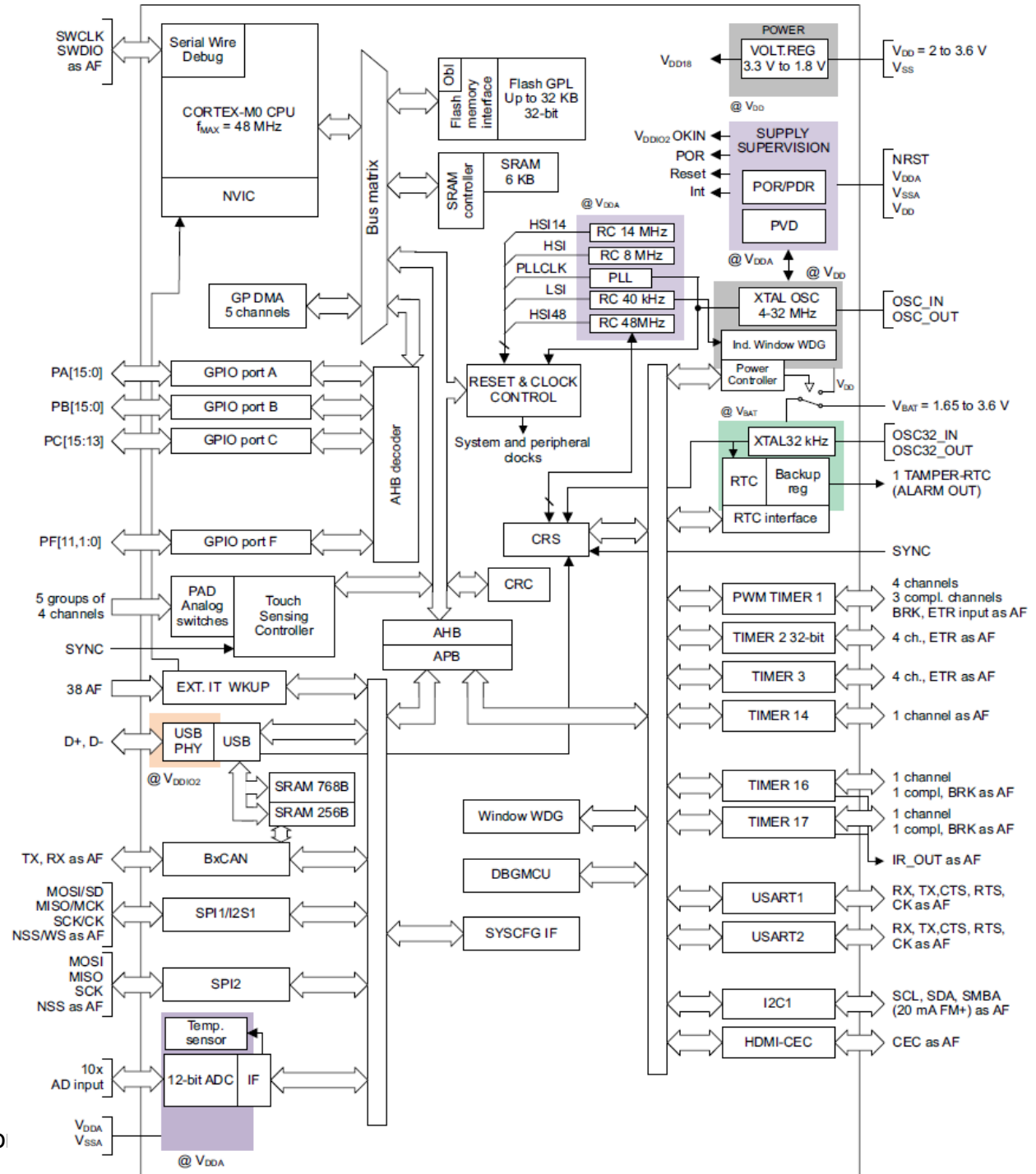
**STM32F031**  
je jednodušší  
varianta  
oproti STM32F042,  
zde je uveden  
pro názornost

**STM32F042** má  
navíc **USB**



# Struktura STM3F042

## komplexní obvod, obsahuje mnoho periferních bloků





## Limity napětí na STM32F042, *aneb „jak to nespálit“*

Obvod STM32F042 je vyroben technologií CMOS (stejně jako drtivá většina ostatních procesorů) a z toho **vyplývají omezení**

**Napájení  $V_{DD}$  a  $V_{SS}$  (GND) se nesmí přepólovat** = otevře se substrátová dioda a poteče velký proud omezený napájecím zdrojem. Obvod bude „topit“

Na vstupech **nesmí** být záporné napětí (nižší potenciál, než na  $V_{SS}$ ) na  $V_{DD} = 3,3\text{ V}$ , může být i menší (do 2,4 V), napájením +5 V se **zničí**.

Na vstupy voltmetru **nesmí** být přivedeno napětí **větší než napájecí** ( $V_{DDA}$ ), otevřely by se přechody PN na vstupu a tekla by proud přes tuto diodu do napájení – a může se poškodit vstupní struktura (tedy na vstup procesoru bez napájení se nesmí přivést žádné napětí!!!)

Jak řešit **ochranu**? Do **série se vstupem** zapojit **ochranný rezistor alespoň 470 Ohmů**, kterým se omezí velikost proudu!!!

**V modulu s STM32F042 jsou napájecí piny  $V_{DDA}$  a  $V_{DD}$  propojeny**

# STM32F042 – limity napětí

Table 18. Voltage characteristics<sup>(1)</sup>

Symbol	Ratings	Min	Max	Unit
$V_{DD}-V_{SS}$	External main supply voltage	-0.3	4.0	V
$V_{DDIO2}-V_{SS}$	External I/O supply voltage	-0.3	4.0	V
$V_{DDA}-V_{SS}$	External analog supply voltage	-0.3	4.0	V
$V_{DD}-V_{DDA}$	Allowed voltage difference for $V_{DD} > V_{DDA}$	-	0.4	V
$V_{BAT}-V_{SS}$	External backup supply voltage	-0.3	4.0	V
$V_{IN}^{(2)}$	Input voltage on FT and FTf pins	$V_{SS}-0.3$	$V_{DDIOx} + 4.0^{(3)}$	V
	Input voltage on TTa pins	$V_{SS}-0.3$	4.0	V
	Input voltage on any other pin	$V_{SS}-0.3$	4.0	V
$ \Delta V_{DDx} $	Variations between different $V_{DD}$ power pins	-	50	mV
$ V_{SSx}-V_{SS} $	Variations between all the different ground pins	-	50	mV
$V_{ESD(HBM)}$	Electrostatic discharge voltage (human body model)	see <a href="#">Section 6.3.12: Electrical sensitivity characteristics</a>		-

1. All main power ( $V_{DD}$ ,  $V_{DDA}$ ) and ground ( $V_{SS}$ ,  $V_{SSA}$ ) pins must always be connected to the external power supply, in the permitted range.
2.  $V_{IN}$  maximum must always be respected. Refer to [Table 19: Current characteristics](#) for the maximum allowed injected current values.
3. Valid only if the internal pull-up/pull-down resistors are disabled. If internal pull-up or pull-down resistor is enabled, the maximum limit is 4 V.

# Signály procesoru, zapojení do obvodu

Pin **16**  $V_{DD}$  digitální **napájení +3,3 V**

Pin **5**  $V_{DDA}$  analogové **napájení +3,3 V** (u nás propojeno  $V_{DD}$  a  $V_{DDA}$ )

Pin **15** Pin  $V_{SS}$  – **GND** – zem, na 0 V

Pin **4** **NRST** reset, na tlačítko a na zem **GND**

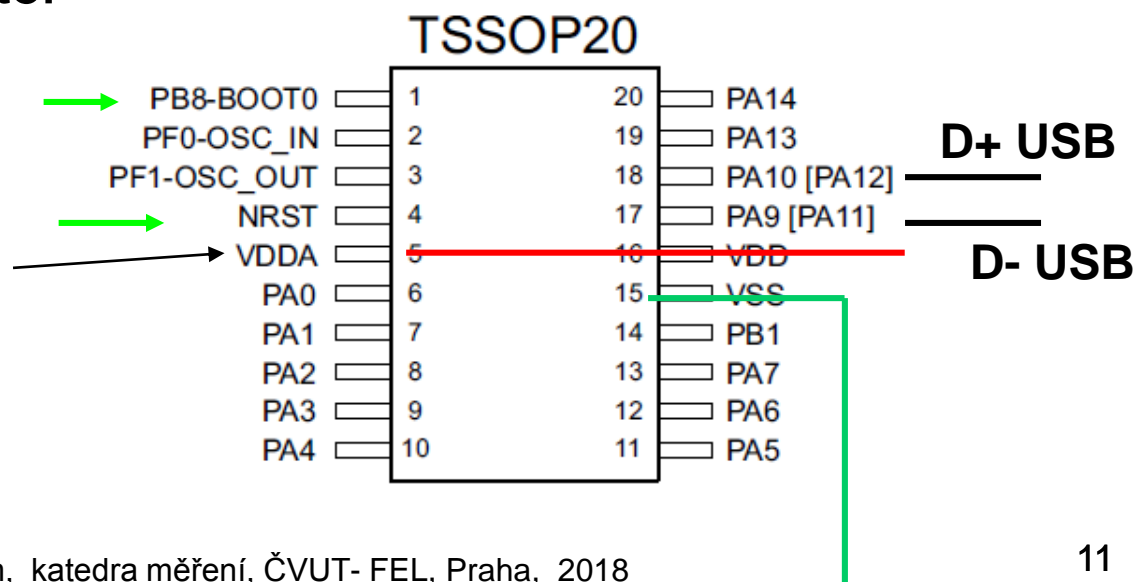
Pin **1** **BOOT** – 0 na **+3,3 V** volba **BOOT** (nahrávání firmware do flash)

**BOOT** – 0 na **GND** (zem) volba **RUN** – běh programu

Pin **10** PA4 Blikání LED zapojené proti zemi – test

Pin **18** na **D+ USB** konektor

Pin **17** na **D- USB** konektor



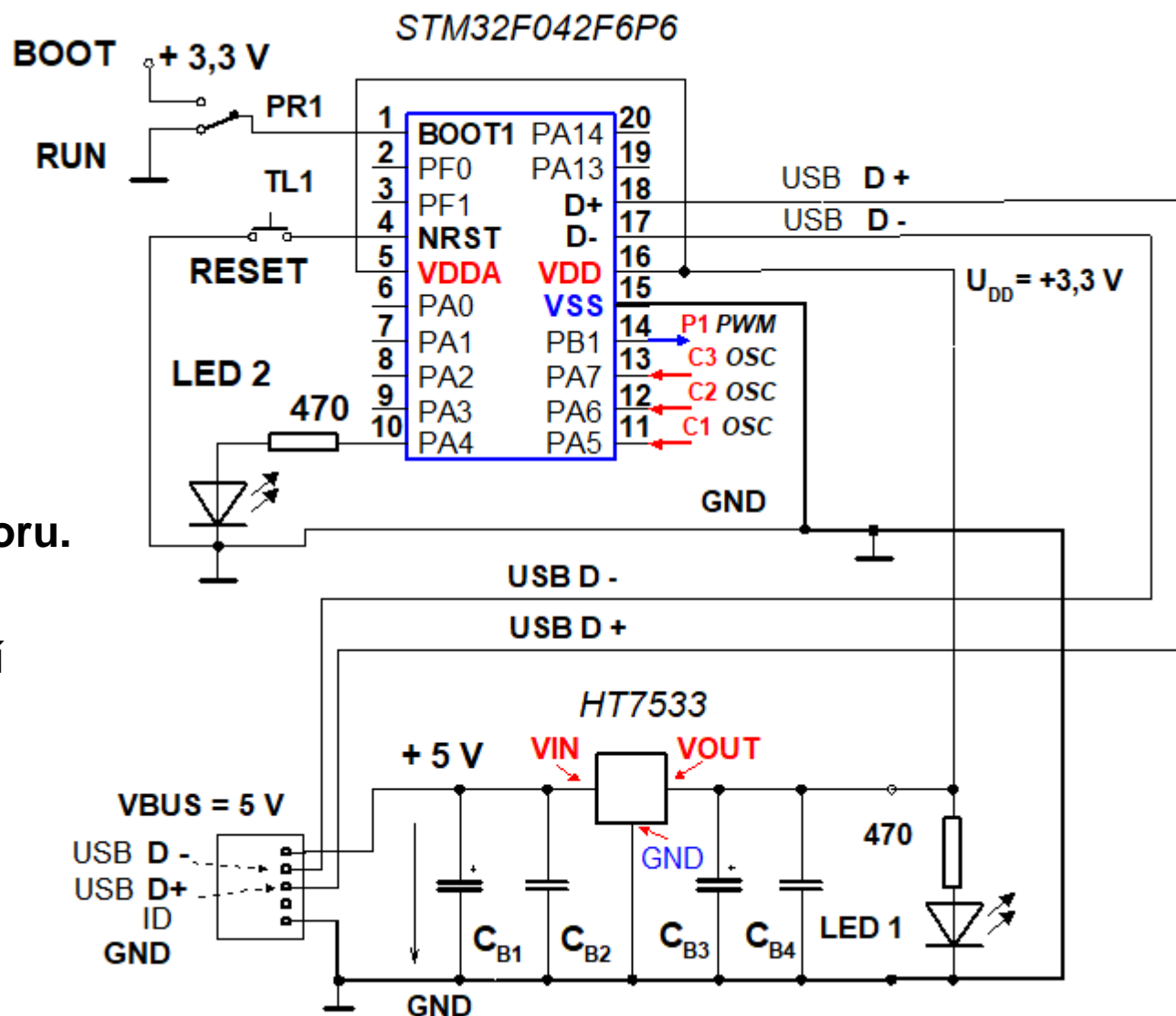
# Zapojení kitu F0 – Lab

$C_{B4} = 100 \text{ nF}$

Je zapojen přímo  
na adaptoru procesoru.

$C_{B2}$  pro HT7533 není  
nutný

$C_{B1}$ ,  $C_{B3}$  elyt 22  $\mu\text{F}$



# Uspořádání na kontaktním poli

Orientace kontaktního pole

**válcové výstupky –**  
na pravé straně a nahoře!

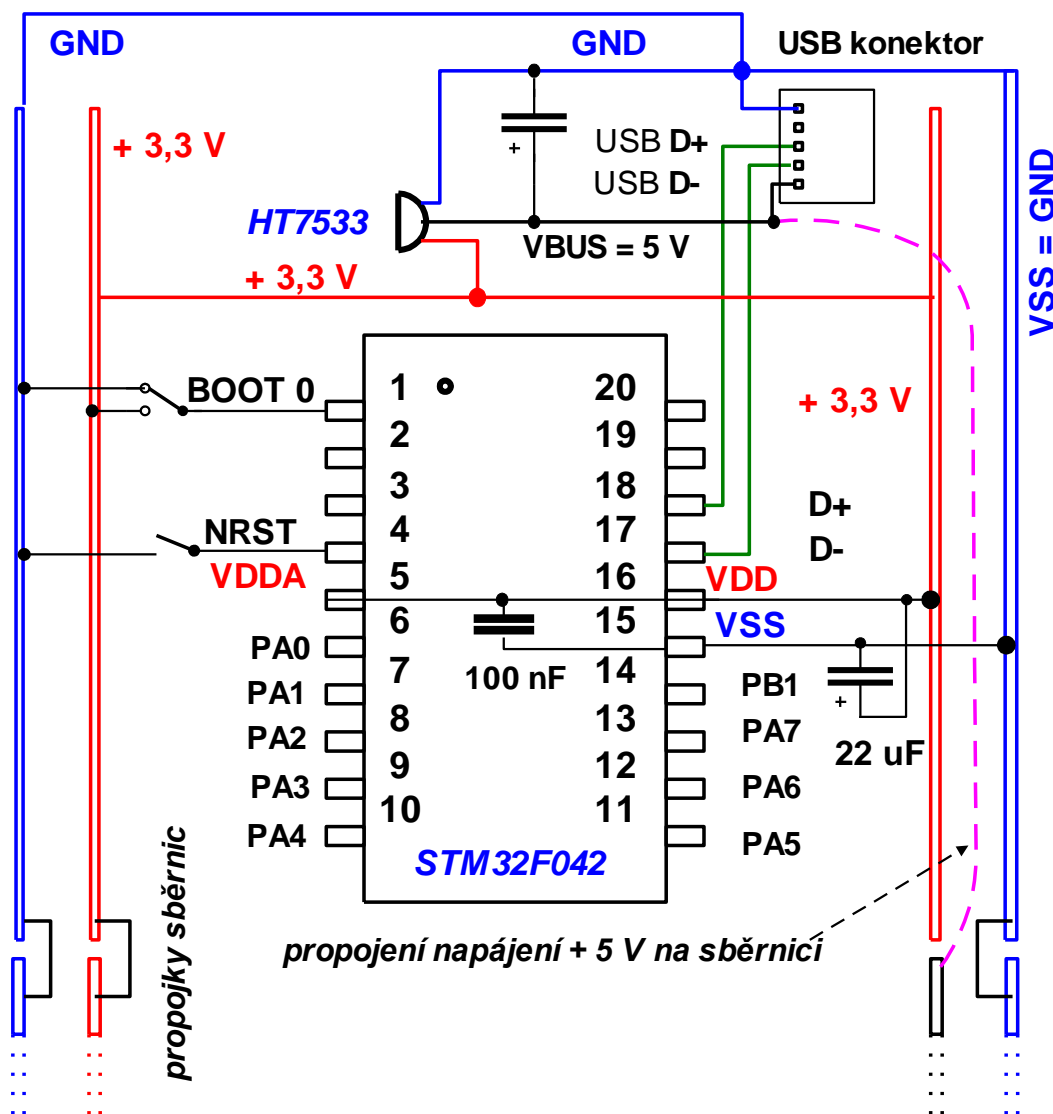
**Doporučené barvy vodičů**  
v rozvodu napájení

**Zelená (modrá) – GND**

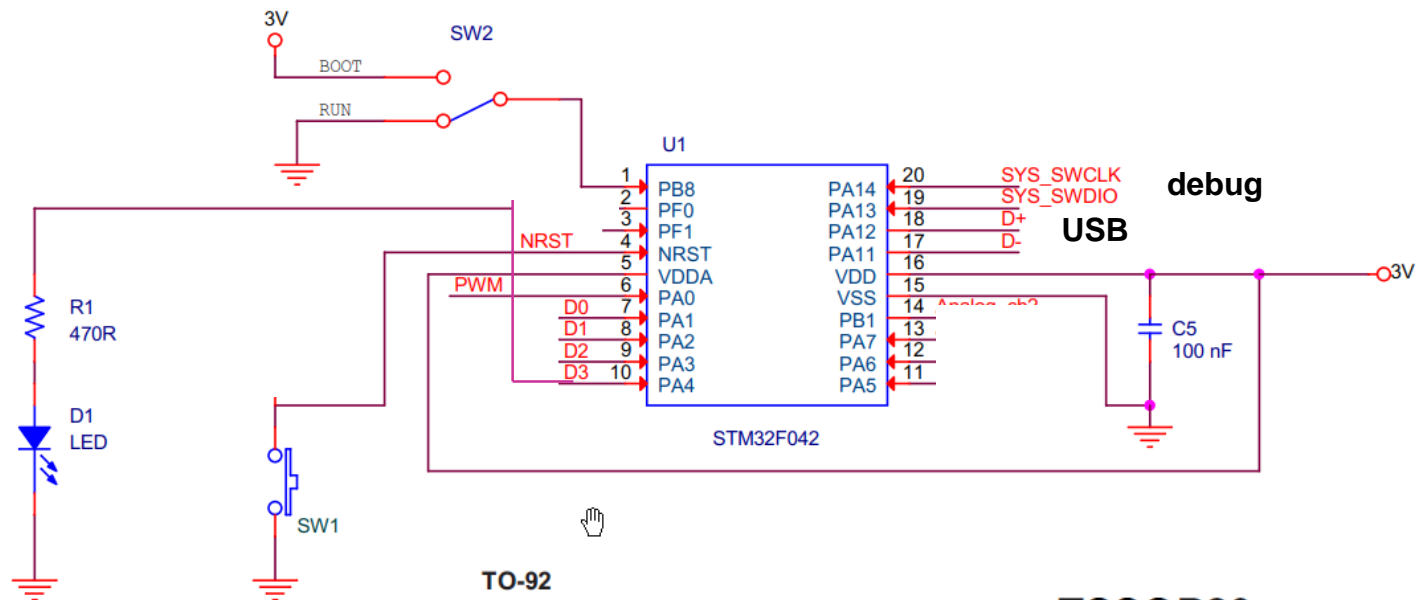
**Červená – +3,3 V**

**Žlutá (purpurová) – +5 V**

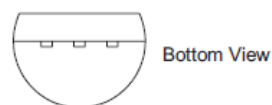
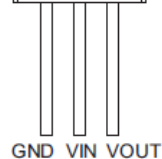
„Šetřit místem“ – procesor  
umístit blízko hornímu  
okraji pole



# Schéma zapojení STM32F042



TO-92



TSSOP20

PB8-BOOT0	1	20	PA14
PF0-OSC_IN	2	19	PA13
PF1-OSC_OUT	3	18	PA10 [PA12]
NRST	4	17	PA9 [PA11]
VDDA	5	16	VDD
PA0	6	15	VSS
PA1	7	14	PB1
PA2	8	13	PA7
PA3	9	12	PA6
PA4	10	11	PA5

## Poznámky k sestavení kitu

Sundat **krycí folii** na zadní straně pole a **přilepit krycí plech**

(pozor, precizně polohovat plech, aby nezůstala odkrytá lepicí vrstva)

Konektor **USB**, regulátor napětí HT7533 **+3,3 V**, indikace napájení **+3,3 V LED 1** (s rezistorem 470 Ohmů). **Zkontrolovat** správnost napětí **+3,3 V**

**Zapojit** modul se **STM32F042**, přepínač BOOT, reset tlačítko, LED na pin 10 s rezistorem 470 Ohmů. **Přepínač boot do polohy „Run“**, pin č. 1 přepínačem připojen na zem (GND).

**Poznámka:** přepínač spíná kontakty na **opačné straně**, tedy posun **doleva** sepne **pravý** kontakt na střed a opačně.

Oživit **blikání LED 2** na pinu 10 (PA4) – s programem **dodaným ve FLASH** paměti procesoru

Oživit **nahrávání firmware** osciloskopu do procesoru prostřednictvím USB rozhraní, program **DfuSE Demo**

Oživit **F0 – Lab s funkcemi:** Impulsní **generátor**, **voltmetr** a **osciloskop**

# Piny – Voltmetr, osciloskop

**Pro oživení – v STM32F042 jsme nahráli program blikání:**

**Testovací program – blikání PA4 pin 10, připojit LED**  
přes rezistor **470 Ohmů** na zem.

Aplikační program – firmware **a) Voltmetr, b) osciloskop**

**PC aplikace – společná**

**PWM out pin 14** *generátor PWM – pro funkci voltmetr i osciloskop*

**CH1 pin 11** *pro funkci voltmetr i osciloskop*

**CH2 pin 12** *pro funkci voltmetr i osciloskop*

**CH1 pin 13** *pro funkci voltmetr i osciloskop*

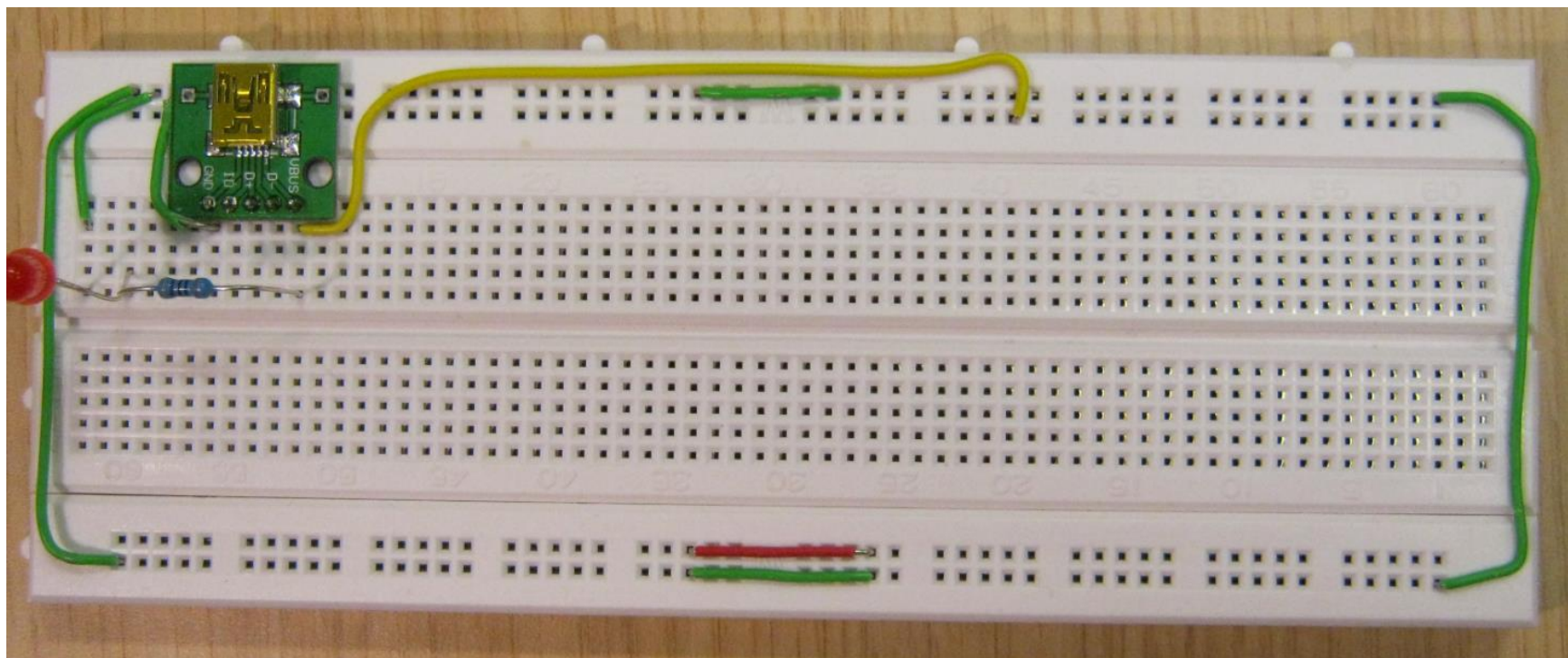


# Rozvod napájení na kontaktním poli

**„Tlusté“ zelené vodiče- zem GND, červené vodiče napájení +3,3 V**

**žluté +5 V (VBUS). Všechny vodiče použité v rozvodu napájení jsou „tlusté“, průměr 0,65 mm**

**LED + rezistor 470 Ohmů, kontrola napájení, stačí tenké vodiče**

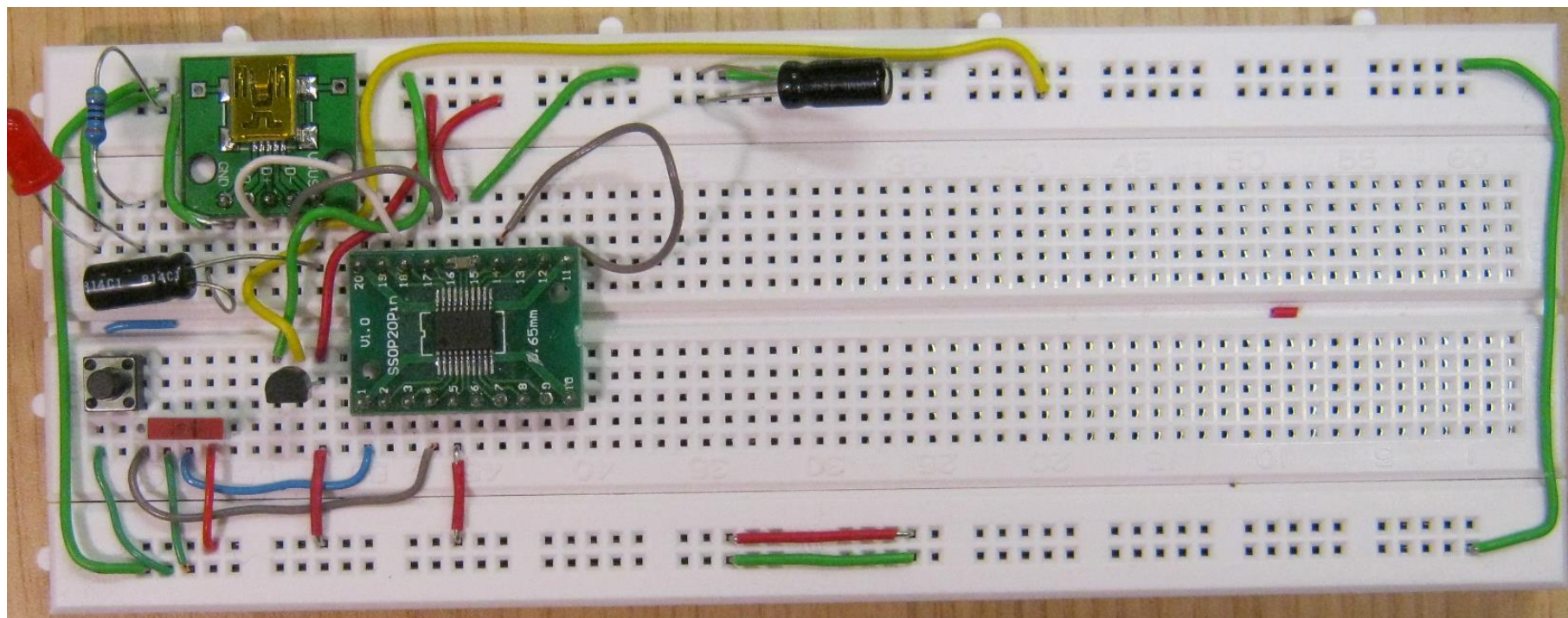


# Rozvod napájení na kontaktním poli

„**Tlusté**“ zelené vodiče – zem GND – připojení pinu 15

červené vodiče napájení +3,3 V, piny 5 a 16

Stabilizátor - přívod +5 V a výstup +3,3 V „**tlusté**“. Ostatní signálové jsou „**tenké**“. LED + rezistor 470 Ohmů, kontrola napájení





# Uspořádání kitu – popisy

LED 1, +3,3 V  
·indikace

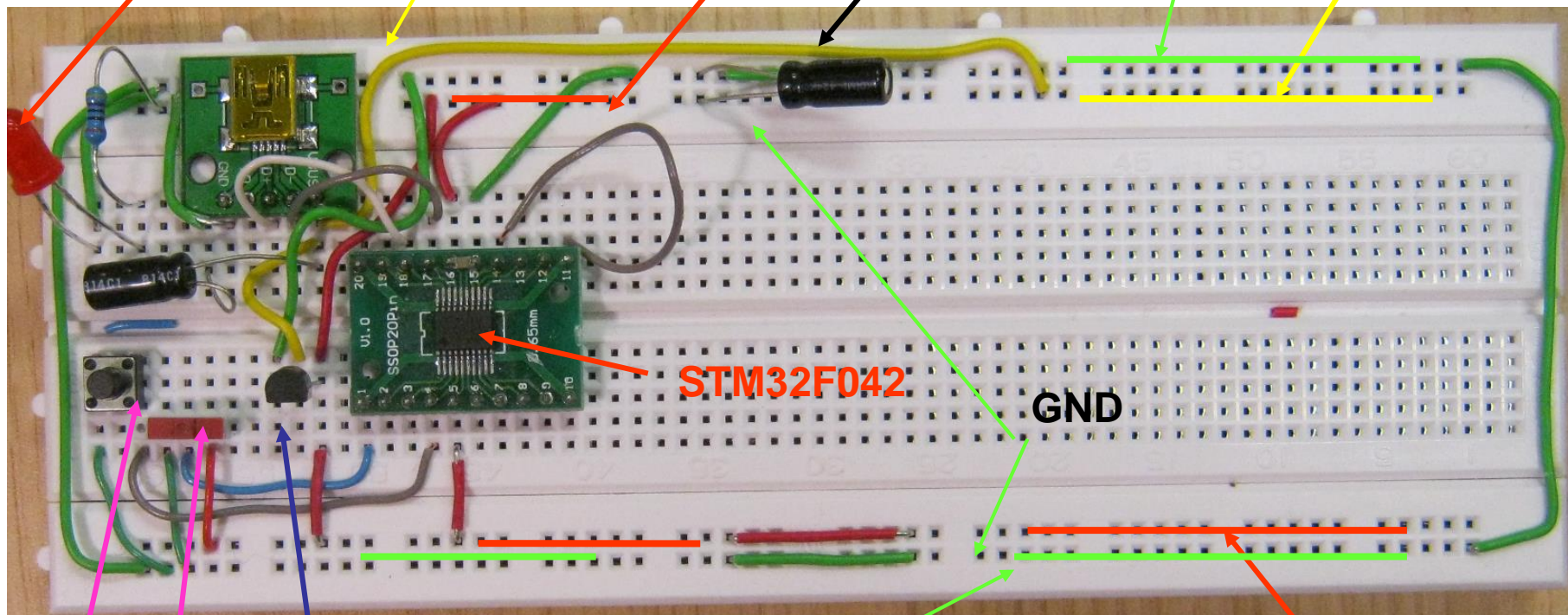
VBUS = +5 V

+3,3 V

blokovací elyt

GND

VBUS = +5 V



STM32F042

GND

Reset  
tlač.

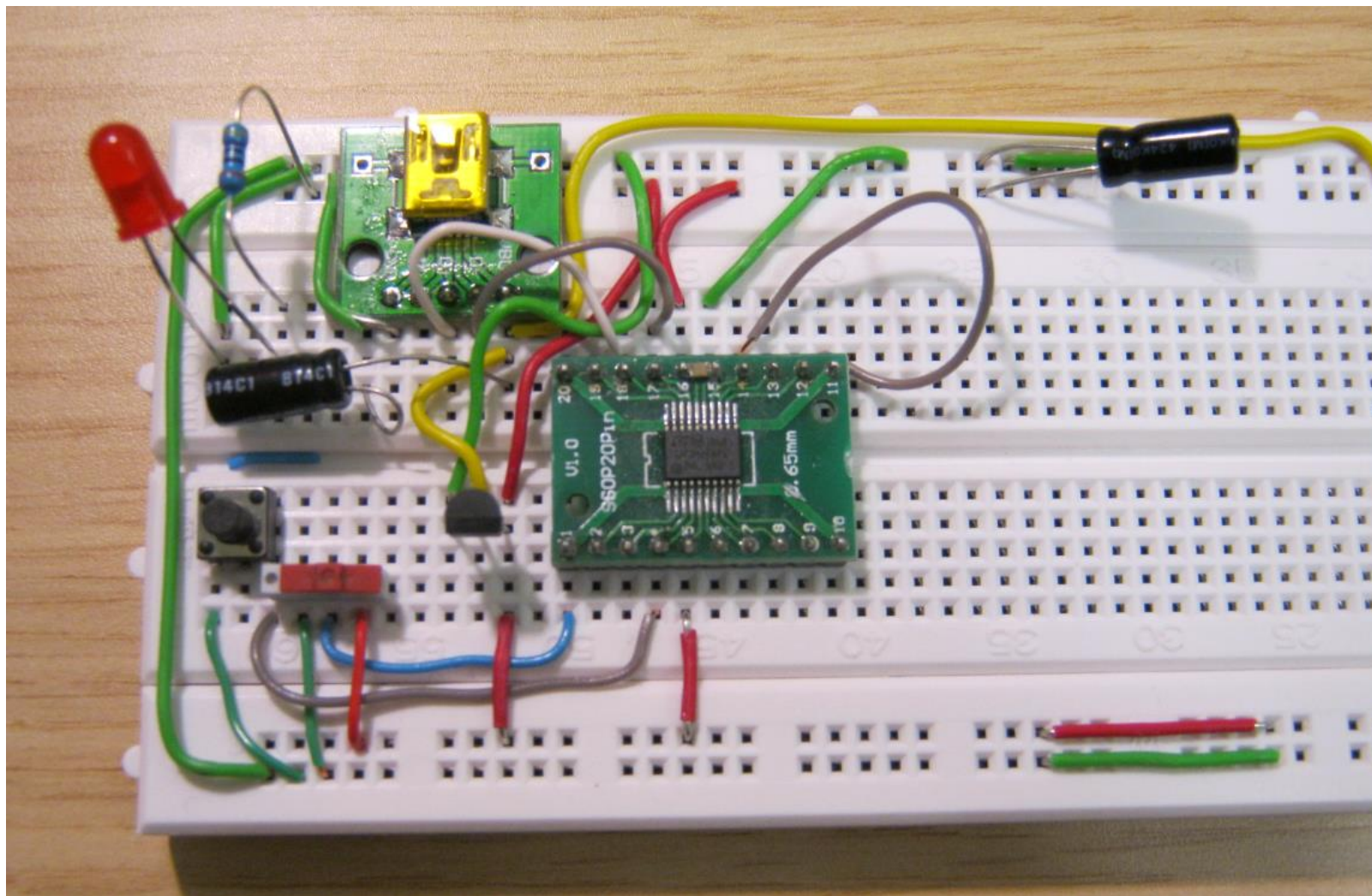
BOOT

Regul. +3,3 V

vnější rozvod GND – zem

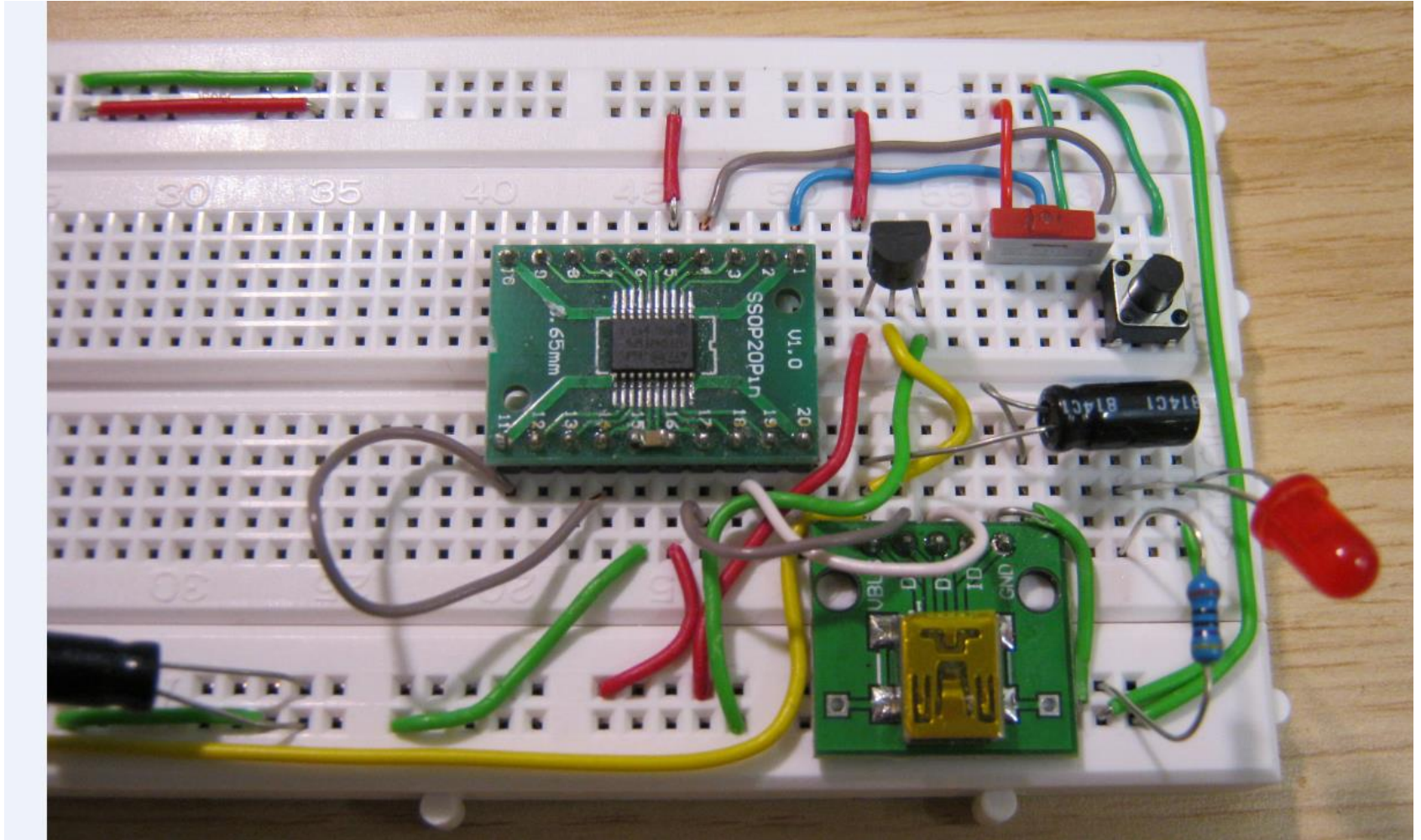
+3,3 V

## Kit – detail

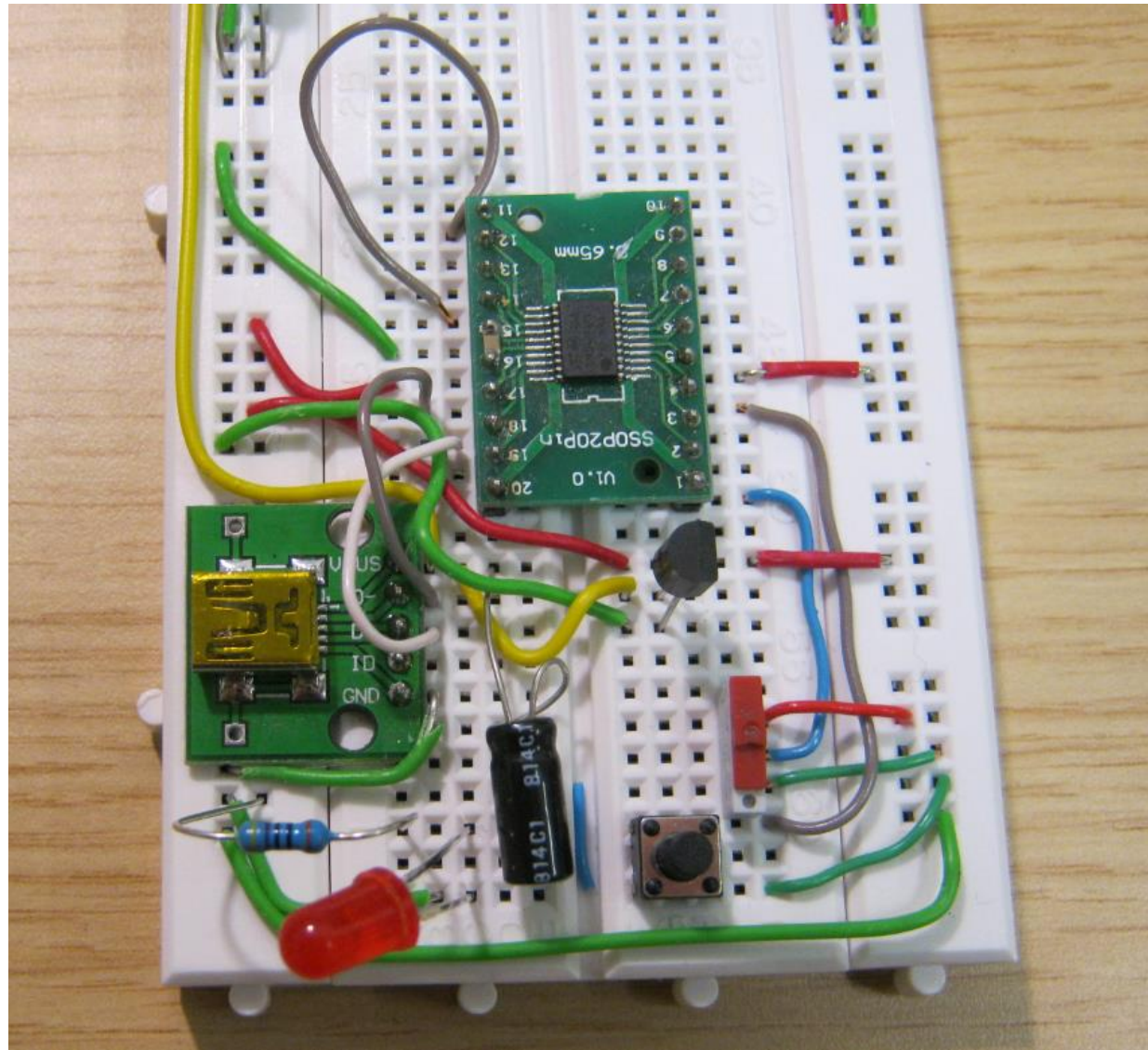




# Kit – detail



## Kit – detail



## **Instalace potřebného SW**

**Na počítačích v laboratořích je nainstalovaný potřebný software, který se nachází ve složce DFUSE na ploše**

**Pro práci na vlastním počítači je potřeba nainstalovat programy DFuse Demo, ovladač VCP a využívat aplikaci zero\_elabviewer\_v0.2**

# Instalace potřebného SW

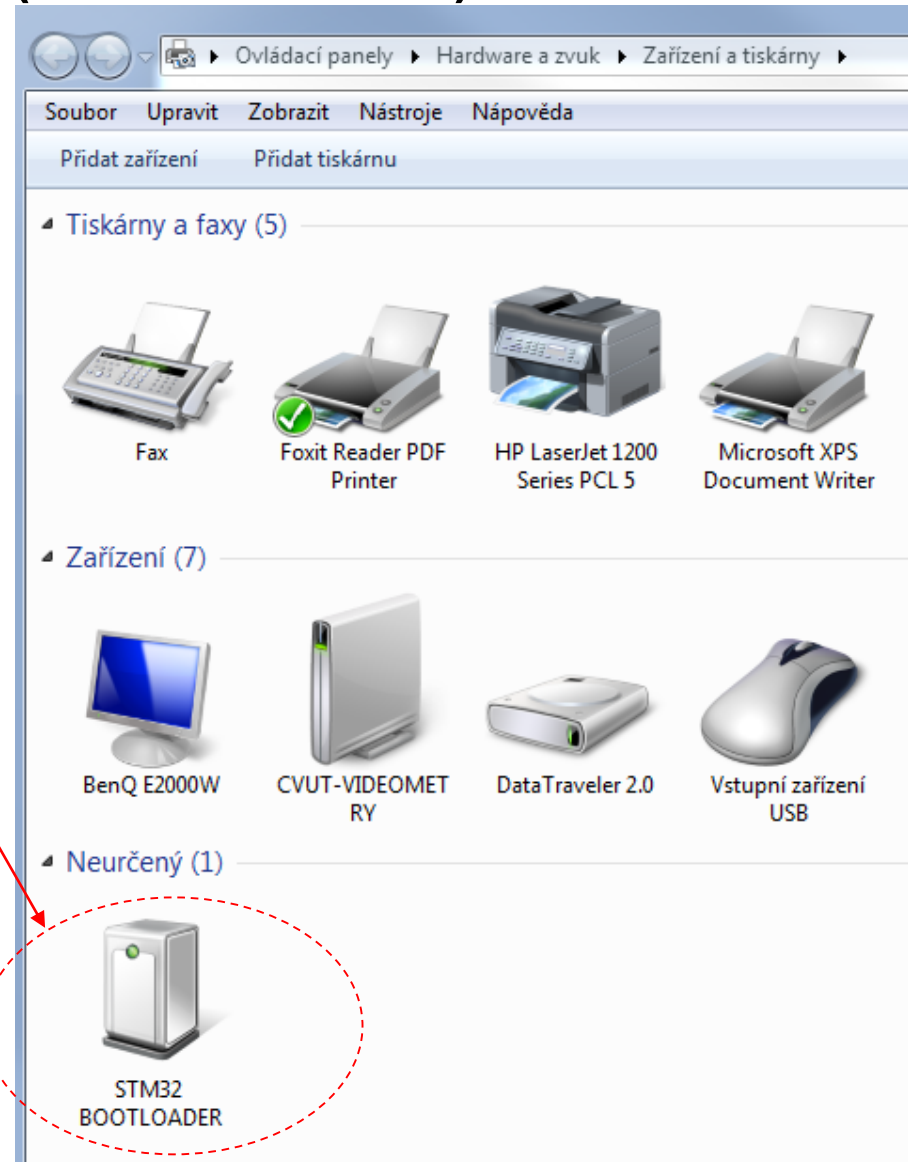
## Postup instalace:

1. Zkopírovat složku *DFUSE* do vlastního počítače
2. otevřít složku *DFUSE*
3. nainstalovat aplikaci *DfuSe\_Demo\_V3.0.5\_Setup*
4. otevřít složku *VCP Driver*
5. nainstalovat aplikaci *VCP\_V1.3.1\_Setup* podle typu systému (32bitový/64bitový operační systém)
6. vyzkoušet připojení mikroprocesoru k počítači
7. otevřít složku *F0\_lab*
8. otevřít složku *application*
9. otevřít aplikaci *zero\_elabviewer\_v0.2*
10. přepínač do polohy *RUN* na nepájivém poli a zmáčknout tlačítko **RESET**
11. navázat komunikaci



# STM32F042 jako zařízení (v režimu BOOT)

Při aktivaci „Boot loader“, se v zařízeních objeví STM32..., při stisku reset opět zmizí



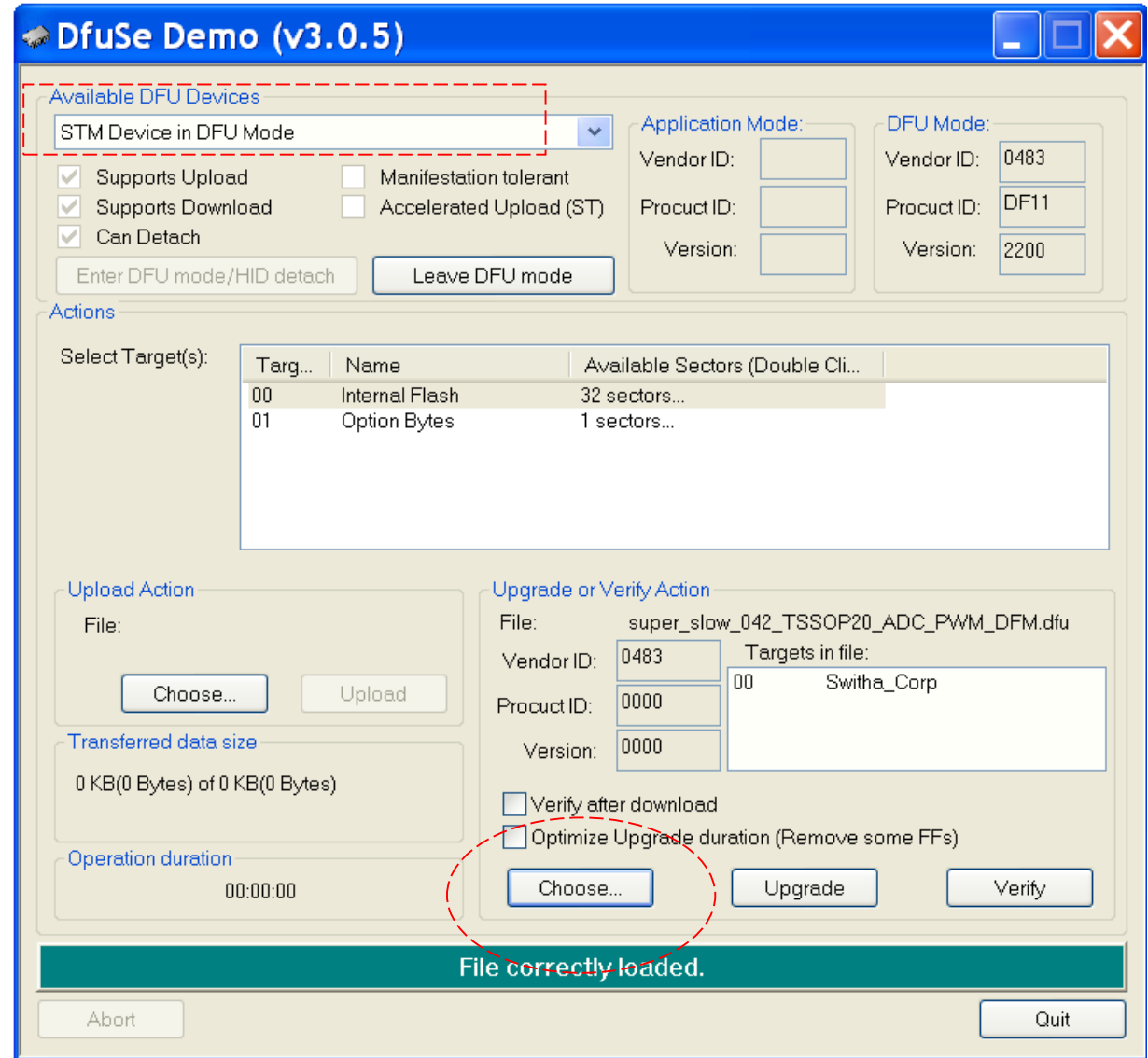
# Nahrání firmware pomocí programu DfuSE Demo

Procesor je v režimu „BOOT“

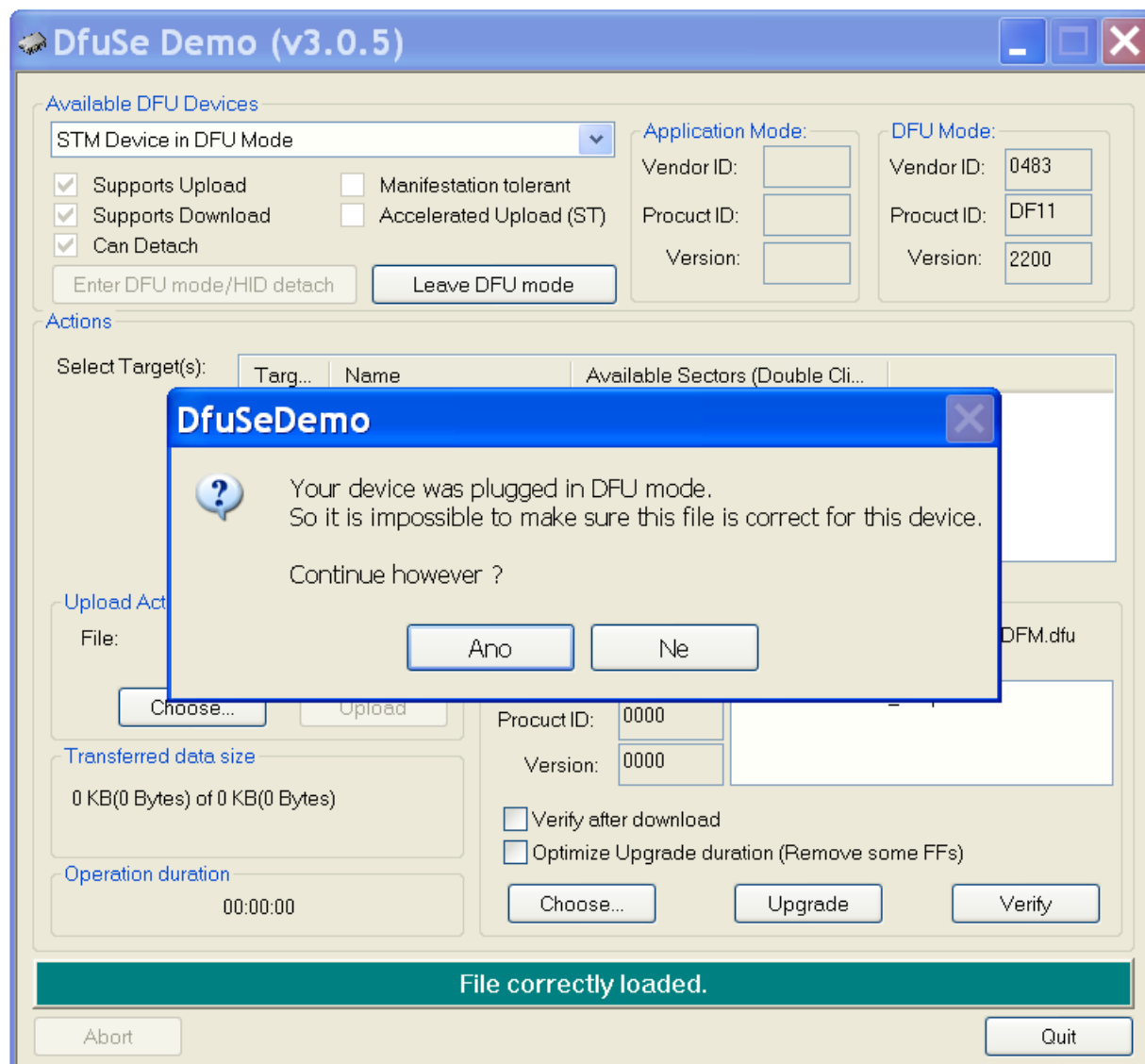
DFU mode – Device Firmware Upgrade

Vybrat soubor xxx.DFU  
Pro nahrání

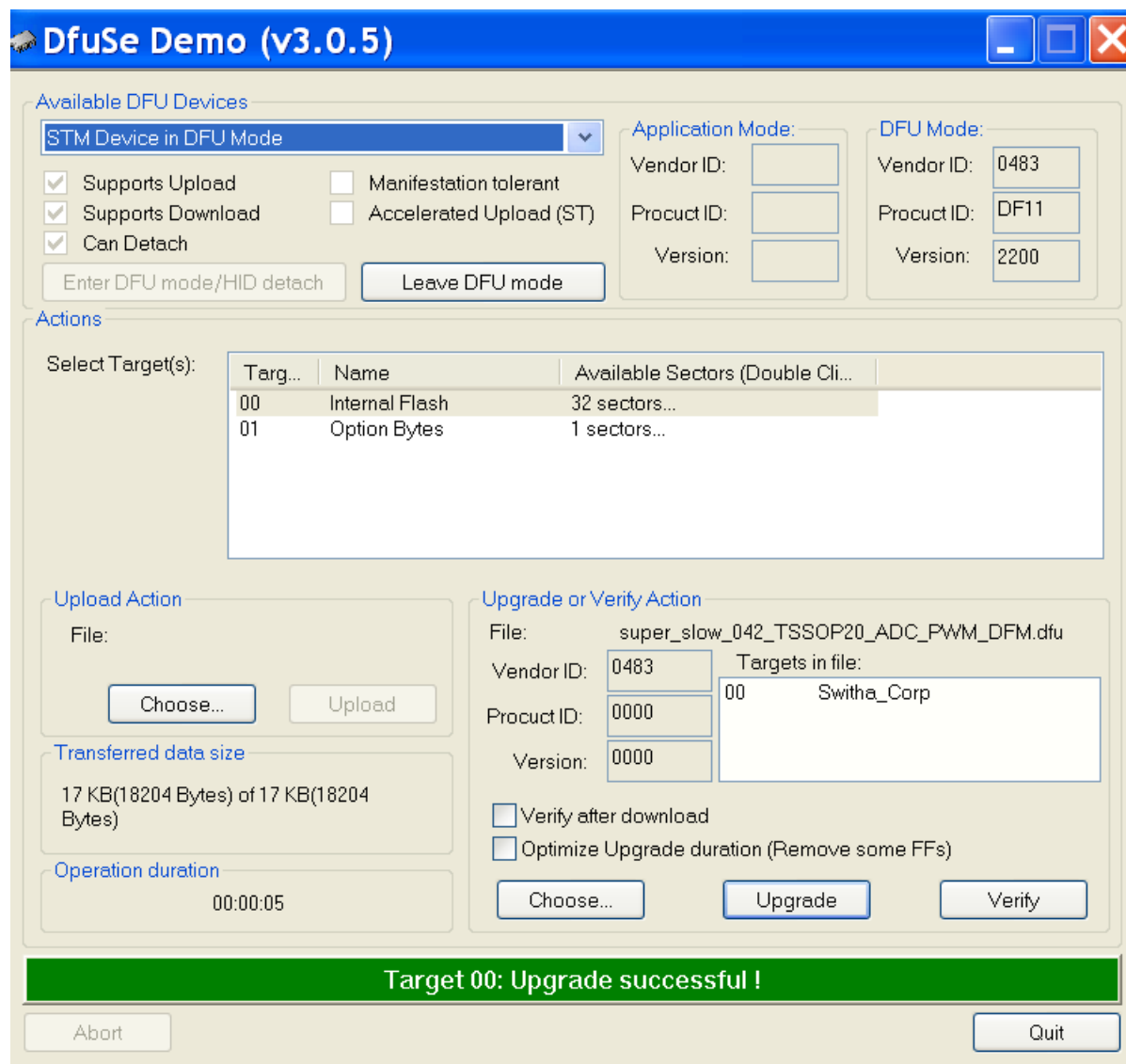
Nutná předchozí  
instalace programu  
DfuSE Demo



Potvrdit „ANO“

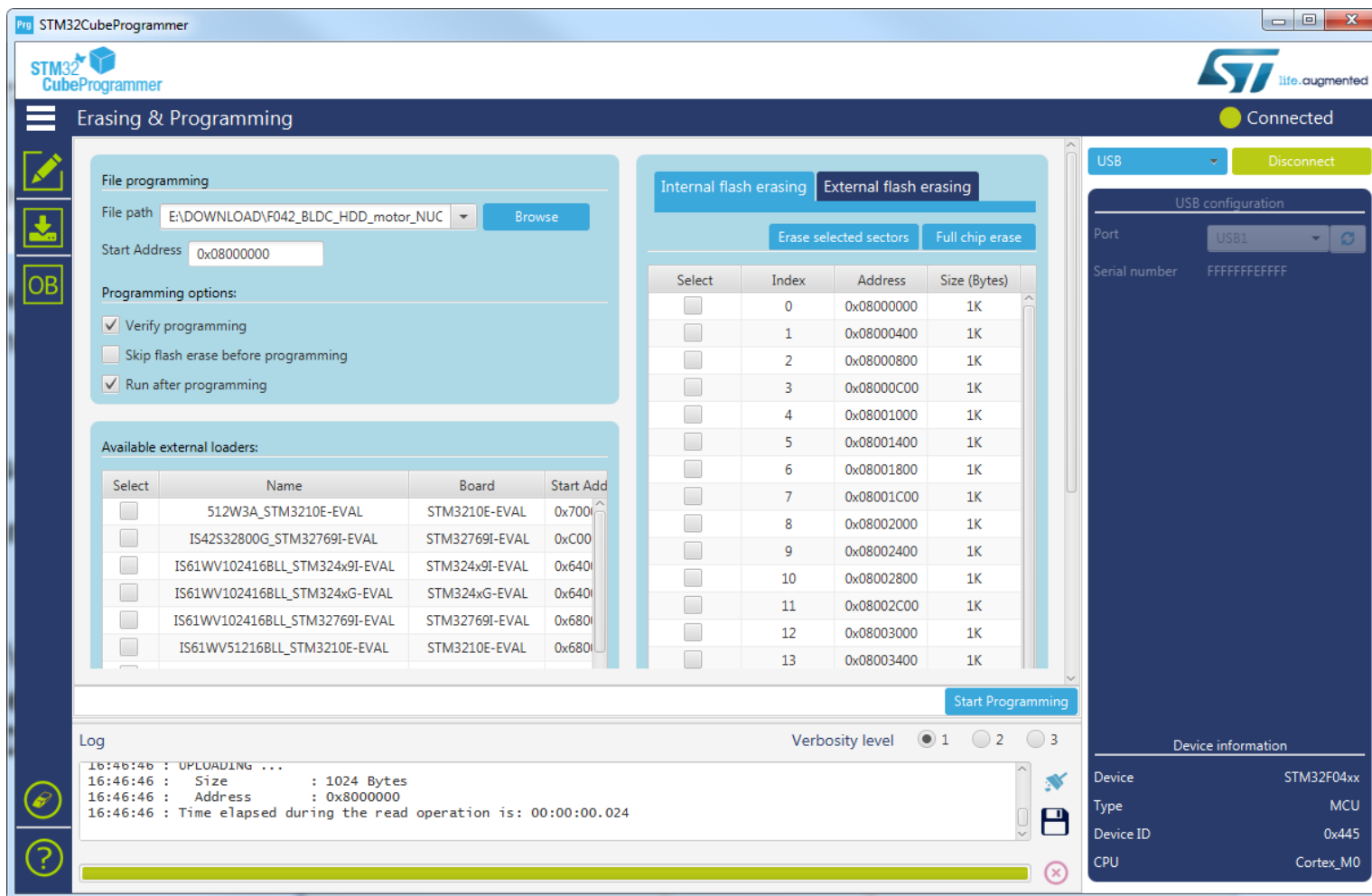


## Po nahrání firmware do FLASH



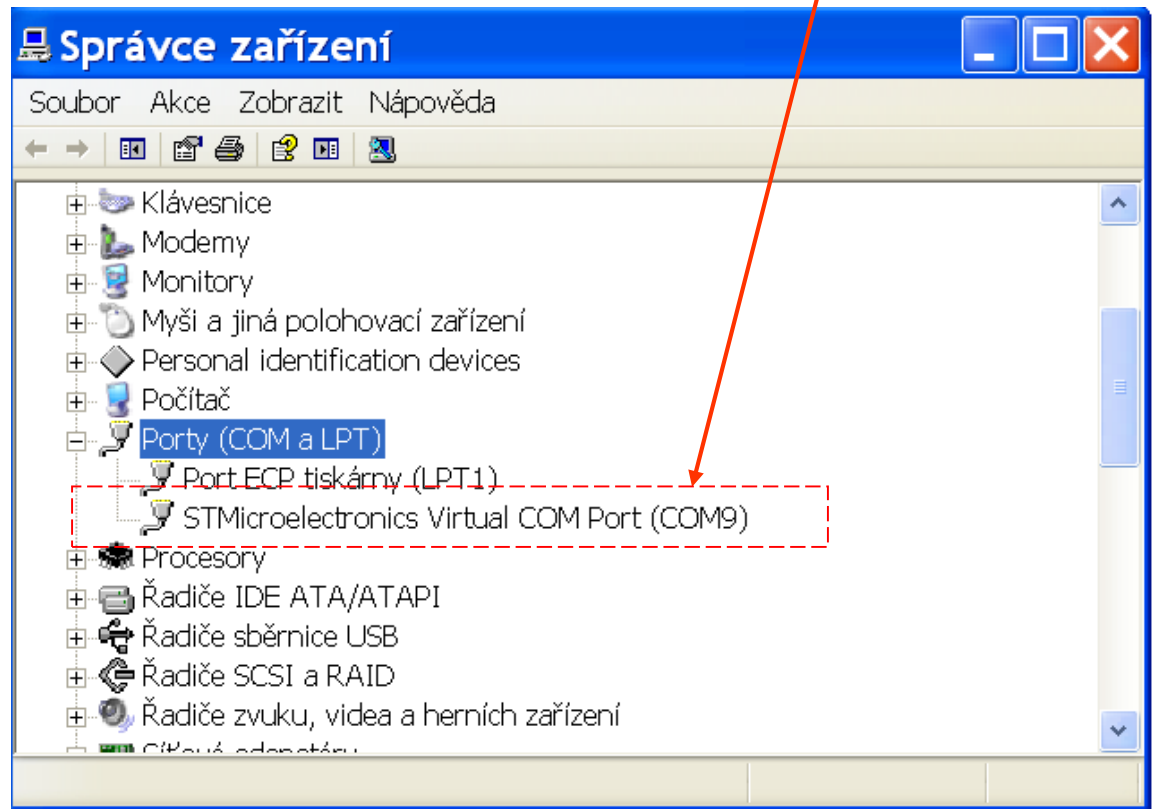
# Program STM32 Cube Programmer

Alternativní program pro „download“ firmware - „STM32 Cube Programmer“, jeho vstupem je přímo soubor xxx.BIN



# Program

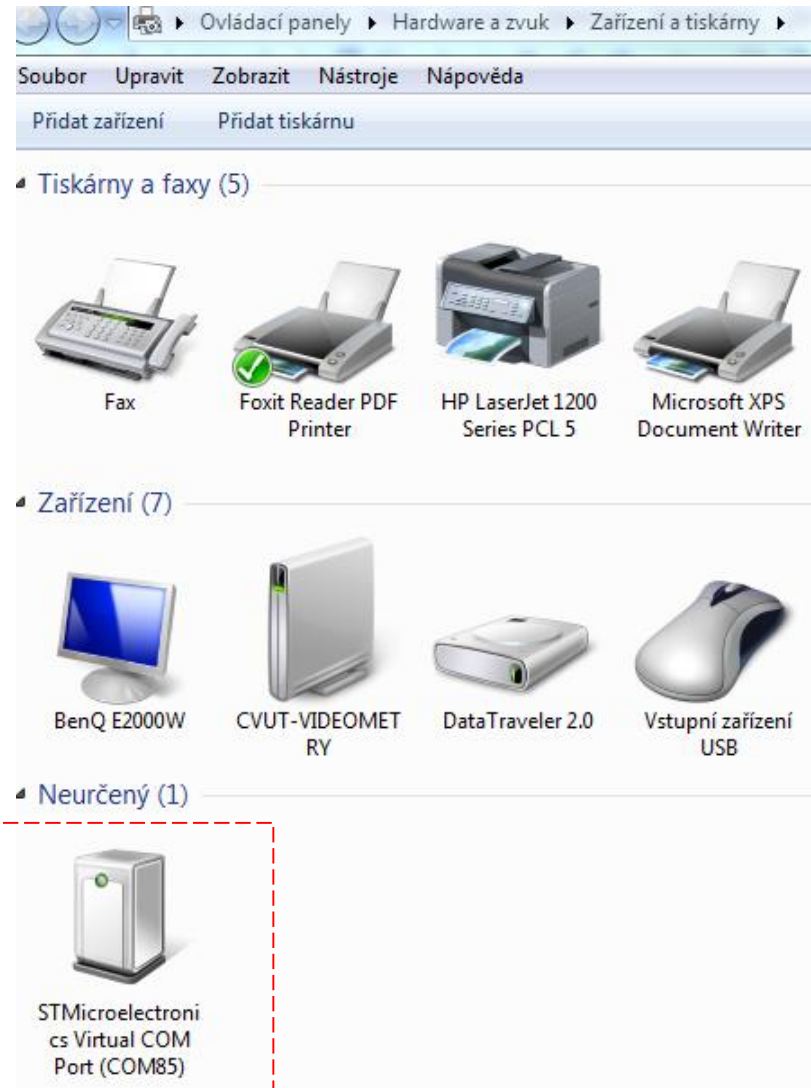
**Přepínač BOOT přepnout do „RUN“ a provést reset. Po spuštění firmware F0 – Lab se v zařízeních objeví Virtual COM Port (různé číslo, podle instalace počítače). Potřebná předchozí instalace VCP Driver**



# STM32F042 jako zařízení (v režimu běhu programu F0-Lab)

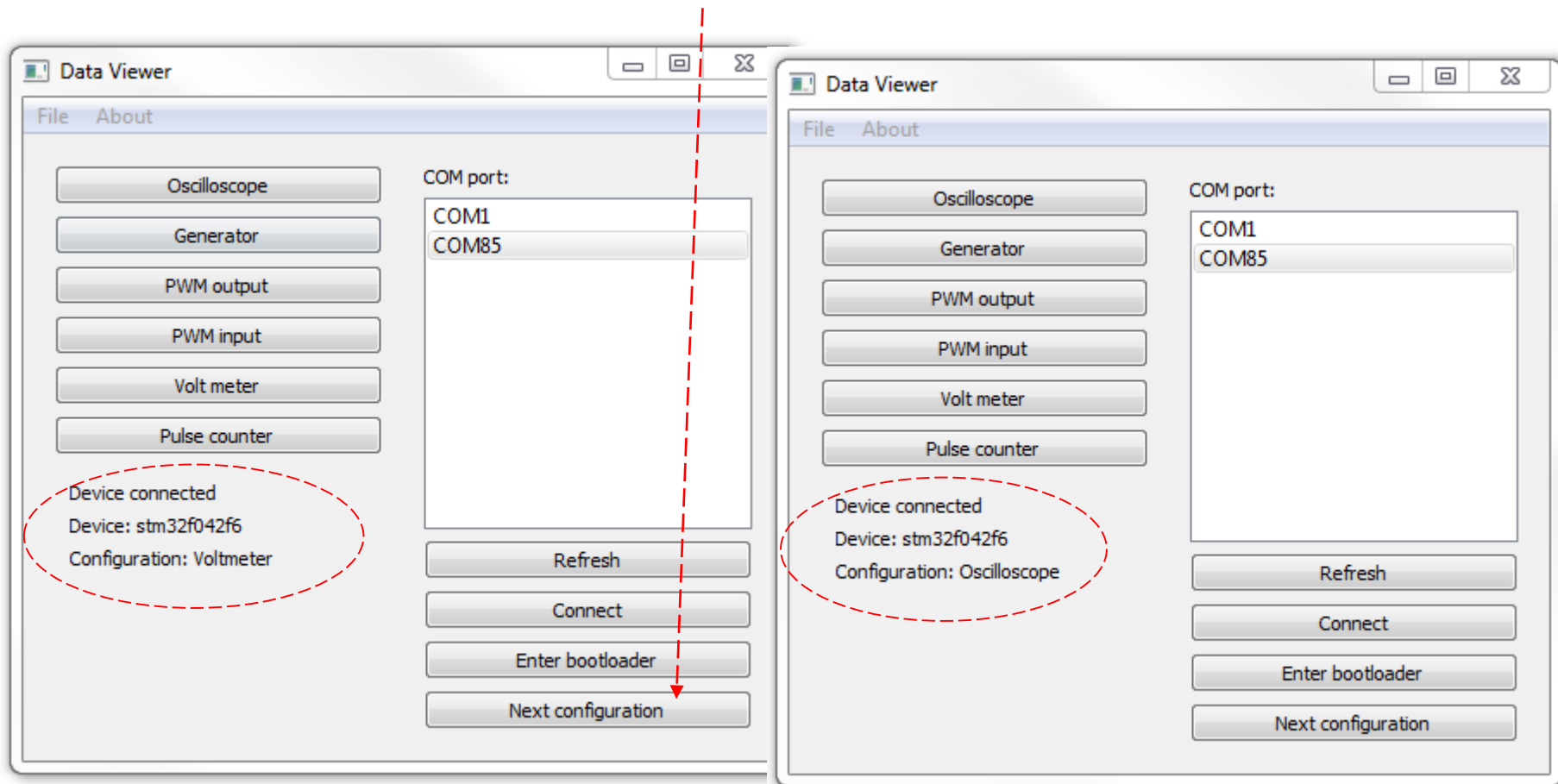
Po spuštění firmware

F0 – Lab se objeví



# Spuštění F0-Lab, přepínání konfigurací

„**Voltmeter**“ = PWM output + voltmeter, „**Oscilloscope**“ = PWM out.+ oscil.





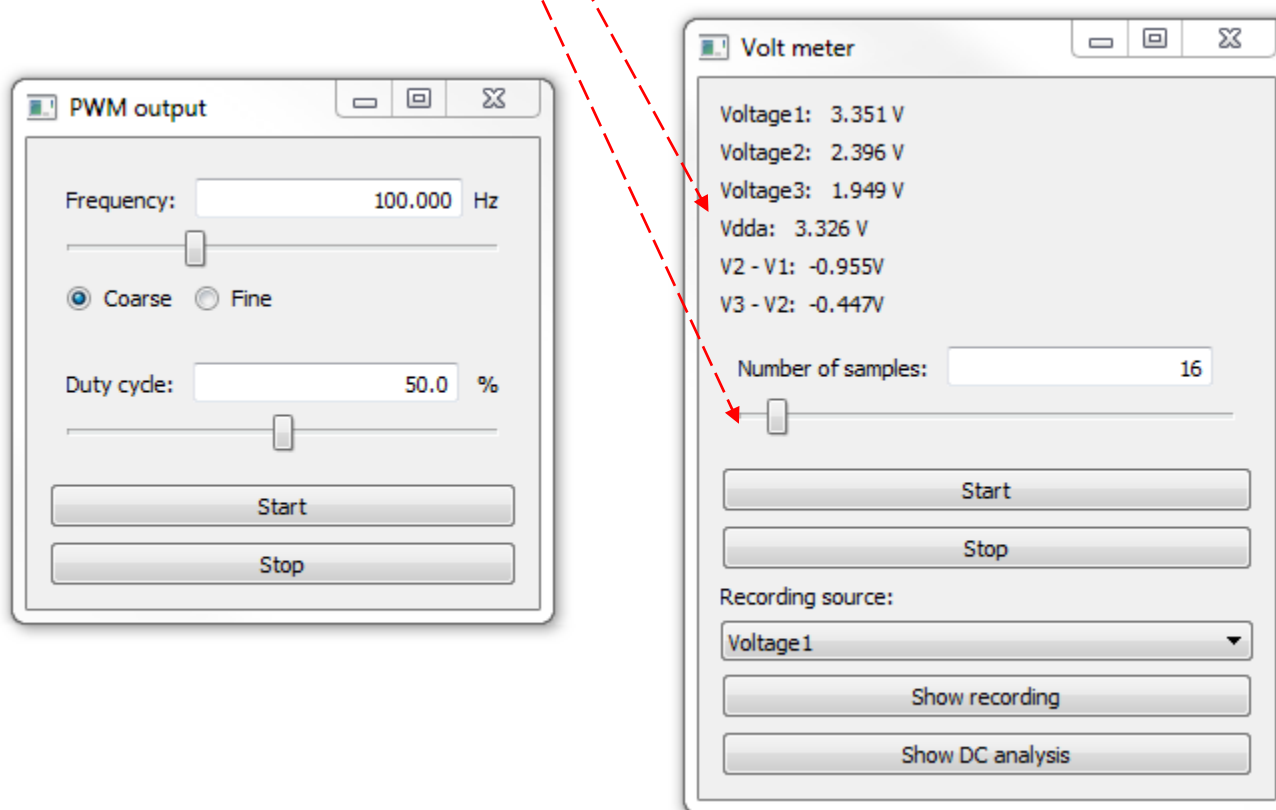
# Konfigurace PWM + voltmetr

PWM **nastavení frekvence a střídý** obdélníkového signálu, (amplituda –  $V_{DD} = +3,3 \text{ V}$ ) na pinu č. 14

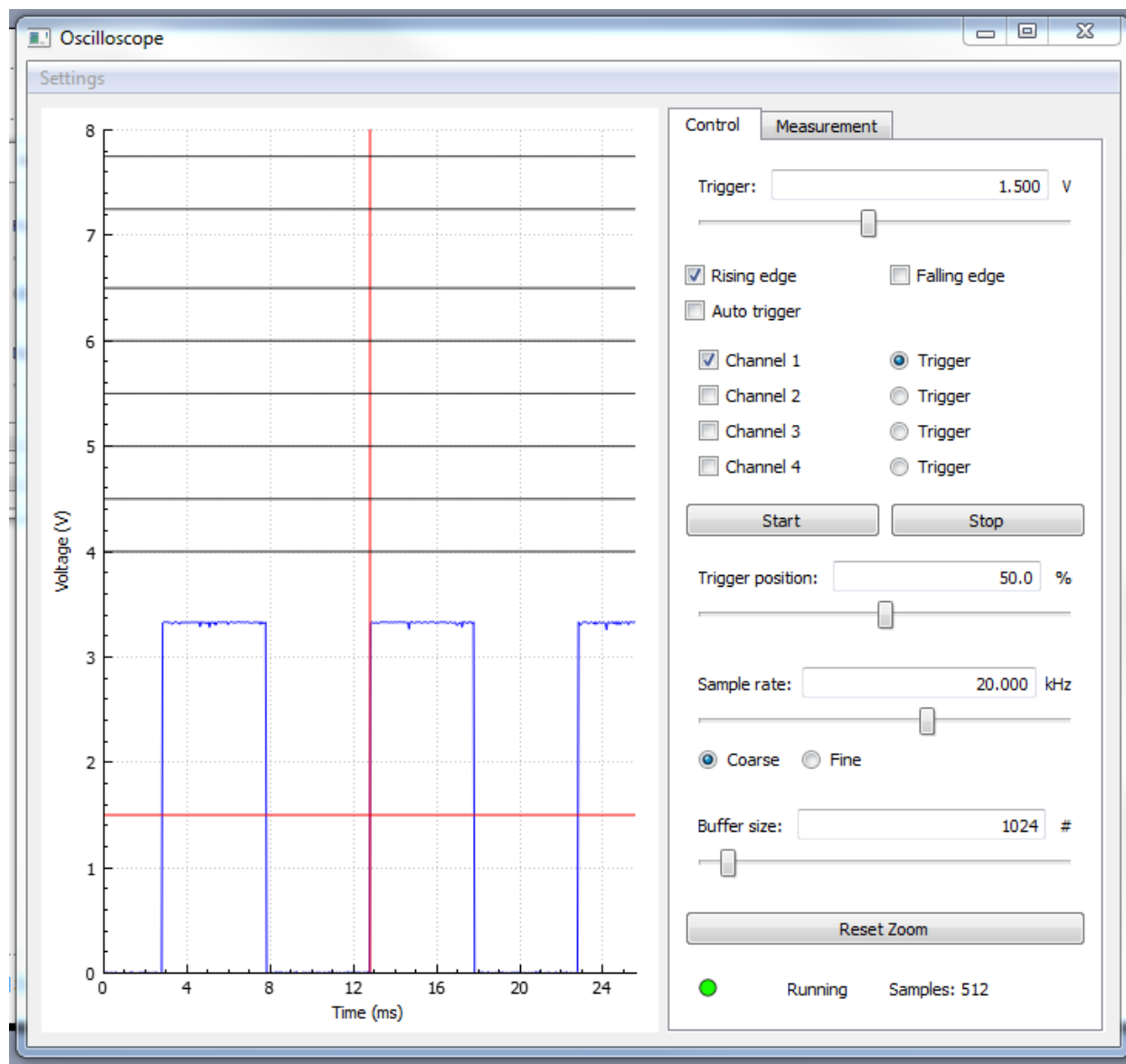
Voltmetr na pinu č. 11 (Ch1), č. 12 (Ch2), č. 12 (Ch3)

$V_{dda}$  = měří své napájecí napětí

**Průměrování** ze zvoleného počtu vzorků



# Funkce osciloskopu

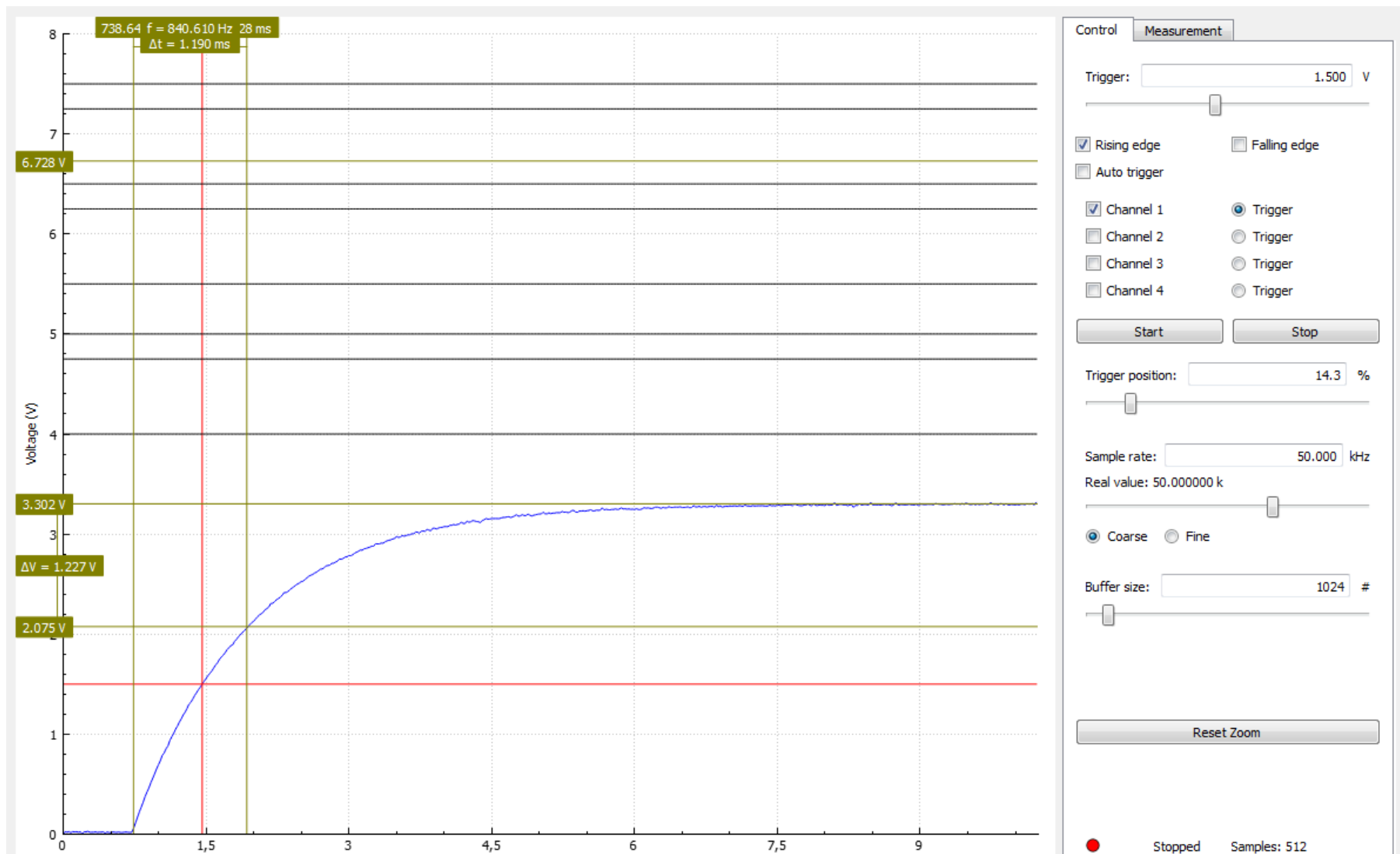


**Spouštění - volba  
hrany, náběžná,  
spádová,**

**Auto – samovolné  
spouštění**

**Volba vzorkovací  
frekvence a počtu  
vzorků**

# Osciloskop, kurzory („pravá myš“) a výběr menu kurzorů



# Osciloskop a sestavení F0 – Lab

- Sestavit celý **F0 – Lab** s mikrořadičem **STM32F042**, napájení z **+3,3 V**, spustit **firmware** (nahráný námi již do čipu) – **blikání LED**
- Připojit na **USB**, ověřit funkci **BOOT** a nahrát **firmware F0 – Lab**
- Aktivovat funkci **voltmetru** („*next configuration*“)
- Ověřit funkci voltmetru a osciloskopu, propojit pin č. 14 (výstup PWM generátoru) na vstup kanálu 1 voltmetru pin č. 11
- Spustit **generátor**, nastavit frekvenci 1 Hz, spustit voltmetr, bez průměrování (měří střídavě 0 a +3,3 V – kolísá)
- Aktivovat funkci „**recording**“ voltmetru a pozorovat záznam.
- Zavřít okno voltmetr

Změnit konfiguraci na „Osciloskop“, ponechat propojku pinů č. 11 na č. 14,

- Spustit **PWM**, frekvence 100 Hz, spustit **osciloskop**, pozorovat signál.