

ETC – Embedded Technology Club

5. setkání 10.1. 2017

**Katedra telekomunikací, Katedra měření,
ČVUT- FEL, Praha**

doc. Ing. Jan Fischer, CSc.

Plán klubu

13.12.2016 Přednáška: **Uspořádání kitu**, napájení kitu a regulátor napětí, výklad ke způsobu sestavení kitu F0-Lab, využití nepájivého **kontaktního pole**, způsob **nahrání programu**

Laboratoř: Rozdělení materiálu, **sestavování kitu**

20.12.2016 Přednáška: On line IDE – **embed** a jeho využití pro **programování kitu F0-Lab**

Laboratoř: **sestavování kitu**,

(Pozn.: *někteří již 20.12 sestavili kit, proto je na 3.1. zařazen výklad*)

3.1.2017 Laboratoř:

Sestavování kitu, oživování, nahrání firmware

10.1.2017 Přednáška: Použití F0-Lab pro **měření napětí a odporů, záznam proměnného děje**

Laboratoř: **Experimenty, měření odporu** pomocí F0-Lab, **řízení jasu LED** pomocí PWM, **záznam proměnného napětí**

Pozn.: Případný posun náplně dopředu v případě rychlejšího postupu při sestavování kitu

Náplň

Výklad:

- **Opakování minulého výkladu** pro dnešní experimenty:
Rezistory, barevné značení rezistorů,
Způsob měření odporu pomocí F0-Lab, zapojení obvodu pro mě
Záznam proměnného děje
Ovládání LED pomocí PWM, řízení jasu LED
- Vysvětlení **přístroje „Osciloskop – Logic analyser“** s dlouhým záznamem

Činnost:

Dokončit sestavení F0 – Lab na kontaktním poli a oživit, ověřit funkci voltmetr,
osciloskop, PWM generátor

Ověřit – ovládání **LED pomocí PWM** – rychlost blikání, **řízení jasu LED**

Změřit odpor pomocí F0 – Lab

Materiál

Materiál

**LED, rezistor 470 Ohmů,
rezistory 10 k, měřené rezistory (22 k, 68 k, 1 M)
odporový trimr**

Barevný kód značení odporu rezistorů (opakování)

Barevné značení velikosti odporu standardních rezistorů s drátovými vývody

430 kOhmů = 43×10^4
označení 434

Tolerance výroby,
značena na konci
samostat. proužkem

Barevný kód Color code

4-proužkový kód
4-stripes code

430 kΩ ± 5 %

Barva Color	1. proužek 1. stripe	2. proužek 2. stripe	3. proužek 3. stripe	násobitel ratio	tolerance tolerance
černá - black	0	0	0	1	
hnědá - brown	1	1	1	10	± 1,00 % (F)
červená - red	2	2	2	10 ²	± 2,00 % (G)
oranžová - orange	3	3	3	10 ³	
žlutá - yellow	4	4	4	10 ⁴	
zelená - green	5	5	5	10 ⁵	± 0,5 % (D)
modrá - blue	6	6	6	10 ⁶	± 0,25 % (C)
fialová - violett	7	7	7	10 ⁷	± 0,10% (B)
šedá - grey	8	8	8	10 ⁸	± 0,05 % (A)
bílá - white	9	9	9	10 ⁹	
zlatá - gold	-	-	-	10 ⁻¹	± 5,00 % (J)
stříbrná - silver	-	-	-	10 ⁻²	± 10,00 % (K)

5-proužkový kód
5-stripes code

825 Ω ± 1 %

Pokud jsou smíchané rezistory o různých hodnotách odporu – nespolehat na čtení, ale raději zkontrolovat Ohmetrem,

Dle: <http://www.soucastky.chytrak.cz/Odpory/R%20-%20Uhlíkove.html>

Měření proudu při našich experimentech (opakování)

Změří se napětí na známém snímacím rezistoru – R_s v obvodu $I = U / R_s$, resp. $I = U \times (1/R_s)$,

$1/R_s$ - konstanta K_1 a jen násobení konstantou podobně budeme určovat proud i my při experimentech

Odpor snímacího rezistoru 470 Ohmů

$$1/470 = 0,0021276$$

zaokrouhleně $K_1 = 2 \cdot 10^{-3} = 0,002$. Tedy **napětí 1 V**

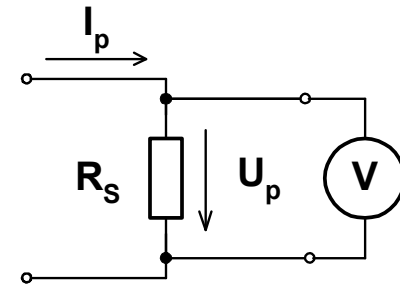
na odporu 470 Ohmů představuje **proud** rezistorem $I = 2,13 \times 10^{-3} \text{ A}$,
zhruba = **2 mA**,

Použitím **konstanty** $K_1 = 2 \cdot 10^{-3} = 0,002$ jsme se dopustili odchylky – **relativní chyby měření**,

$(0,002 - 0,0021276) / 0,0021276 = 0,0599 = 6 \%$, **pro hrubé určení velikosti proudu diodou LED** to bude postačovat.

Problém **volby** velikosti snímacího odporu R_s při experimentech ??

Zařazení rezistoru R_s do obvodu ovlivní obvod. V experimentech – napájení + 3,3 V, někdy + 5 V. Snaha volit R_s co nejmenší – ale pak je **malé** změřené napětí U_p . Náš voltmetr – rozlišení na cca **1 mV**,



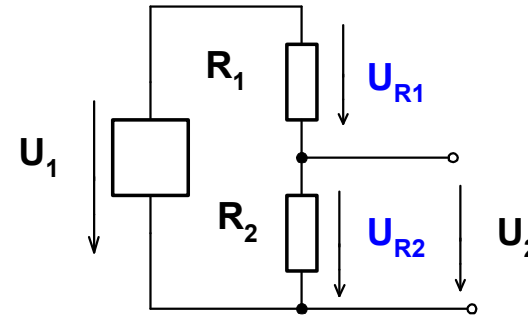
Odporový **napět'ový dělič** (opakování)

Napět'ový dělič se využívá pro snížení **vyššího napětí U_1** na **nižší napětí U_2** (např. v multimetru)

Sériově zapojené rezistory R_1 a R_2

Protéká jimi proud

$$I_{\text{nd}} = \frac{U_1}{R_1 + R_2}$$



Napětí se na (nezatíženém) odporovém napět'ovém děliči rozdělí v poměru velikosti odporů)

$$I_{\text{nd}} = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{U_{R2}}{R_2}$$

Velikost výstupního napětí děliče U_2

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

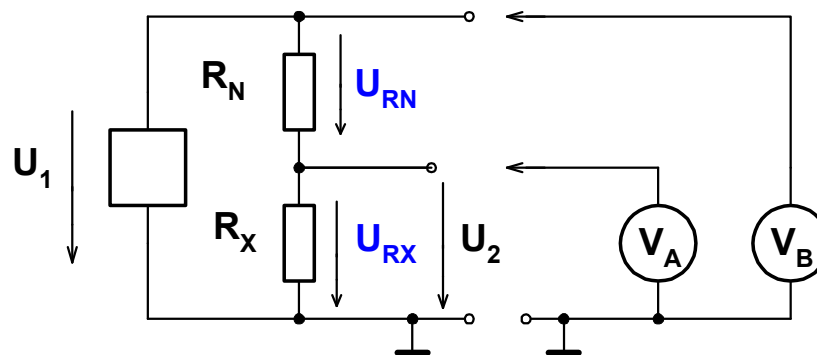
Odporový napěťový dělič a poměrové měření odporu (opak.)

R_N – známý odpor, R_X - neznámý odpor
oběma rezistory protéká stejný proud I_R

$$I_R = \frac{U_{RN}}{R_N} = \frac{U_{RX}}{R_X}$$

$$R_X = R_N \frac{U_{RX}}{U_{RN}} = R_N \frac{U_2}{U_1 - U_2}$$

$$R_X = R_N \frac{U_2}{U_1 - U_2}$$



pokud $U_2 = U_1 / 2$, pak $R_X = R_N$

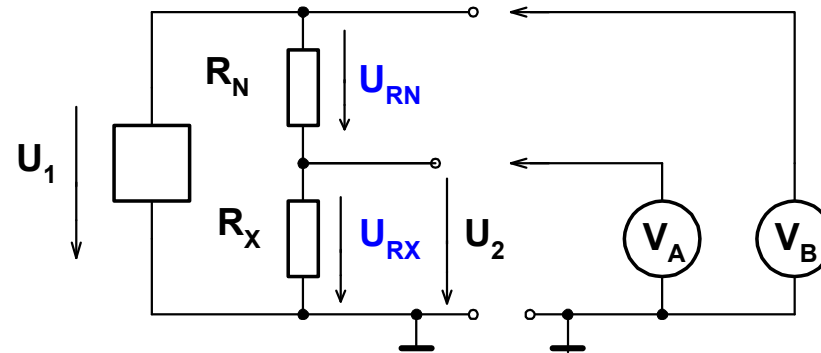
Pozn.: Tento způsob poměrového měření odporu - je využit při měření odporu pomocí F0 Lab

Měření odporu pomocí F0- Lab (opakování)

Hrubé měření odporu – pro kontrolu, zda jsem správně přečetli barevný kód

R_N – známý odpor, např. 10 k

F0-Lab určuje přímo rozdíl napětí



$$R_X = R_N \frac{U_2}{U_1 - U_2} = R_N \frac{U_A}{U_B - U_A}$$

pokud $U_2 = U_1 / 2$, pak $R_X = R_N$

Pozn.: Tento způsob poměrového měření odporu - je využit při měření odporu pomocí F0 Lab

Experiment s LED a PWM

Na výstup **PWM**, pin č.14 procesoru připojte **LED** s rezistorem **470 Ohmů** (původně byl připojen na pin č. 10. Pozor na polaritu – katoda LED na ZEM.

Aktivovat PWM – tlač. **START**.

1) Pozorujte chování **LED** při PWM s nastavenou **frekvencí 1 Hz a střídou 50 procent** a pak měňte střídu (0 až 100 procent).

2) Pozorujte chování LED při PWM s nastavenou **střídou 50 procent** a **měňte frekvenci**.

Při **jaké frekvenci** již přestáváte pozorovat **blikání** a při **jaké frekvenci** se LED jeví, **jako by neblinkala?**

3) Pozorujte chování LED při PWM s nastavenou **frekvencí 100 Hz** a **měňte střídu** (0 až 100 procent). **Jak se jeví svit LED** při změně střídy?

Poznámka - toto je princip **řízení intenzity podsvícení přístrojů** v automobilu, i princip **řízení jasu displeje** v telefonu, tabletu,... Podobně se používá **řízení jasu LED** na různých panelech.

Úkol, experiment – (opakování)

Změřte **velikosti odporu** předložených **rezistorů (s barevným kódem)** pomocí F0 –Lab a referenčního **odporu 10 k** a **porovnejte** výsledek s rozpoznaným **barevným kódem na rezistoru**.

Zapište si výsledky a posuďte použitelnost metody

Pro měření odporu **mezi vstup (voltmetru) F0-lab** (např. pin č. 11) a **zem (GND – pin č. 14)** zapojte keramický **kondenzátor** o kapacitě cca **100 nF** (22 nF a větší).

Nyní – zjednodušené vysvětlení (detaily až později v kursu) :

Při převodu se interní **vzorkovací kapacitor** (,který je po procesu předchozího převodu AD nabit na jisté napětí (zde u STM32F042 cca na polovinu napájecího napětí) **připojuje na vstup a musí se nabít na měřené napětí**. Pokud se měří **velké odpory**, tento vzorkovací **kapacitor se nabíjí pomalu** a v procesu vzorkování **neproběhne plné nabití** na měřené napětí, čímž dochází k chybě).

Použitím **keramického blokovacího kondenzátoru** 100 nF (který zde slouží jako „lokální zdroj měřeného napětí“) připojeného přímo na vstup ADC (mezi pin GND č. bez omezení odporem vnějšího obvodu.

Pozn. Toto je již problematika na vyšší úrovni, se kterou se ani drtivá většina studentů ve výuce na FEL nesešká.

Ověření působení odporu vnějšího obvodu na vstupu ADC

Experiment: (pro zájemce).

Zapojte odporový dělič rezistory 1 M a na 2 M (složené ze dvou 1 M rezistorů) na vstupu. Provedte měření napětí (s průměrováním ze 100 až 200 odměrů)

- **s** blokovacím **kondenzátorem 100 nF na vstupu ADC a**
- **bez** blokovacího **kondenzátoru).**

Stejné měření ověřte v režimu osciloskop (režim auto) s použitím různé vzorkovací frekvence a opět porovnejte výsledky měření s kondenzátorem a bez něj.

Opakování

Piny využité ve funkci **voltmetr, osciloskop**

Pro oživení- v STM32F042 nahraný testovací program blikání na PA4:

Aplikační program – firmware **Voltmetr + 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*

Pulsní šířková modulace

Pulsní šířková modulace *pulse width modulation = PWM*)

Impulsní signál, obdélníkového průběhu, pouze dvě napěťové úrovně, obvykle „0“ a U_m

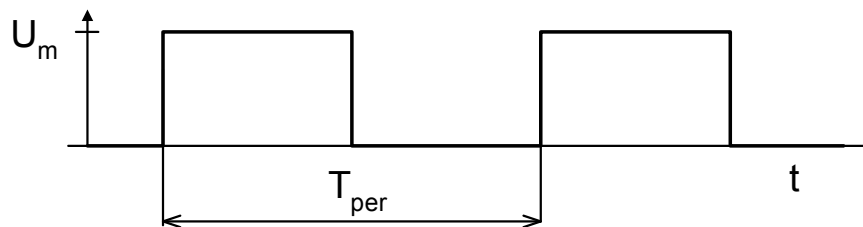
Logický (číslicový) výstup z mikrořadiče – dva stavy

logický signál log „0“ (nízká napěť. úroveň, též „Low“ nebo „L“

(u mikrořadičů je obvykle pro „L“ napětí nulové $U_{OUT_L} = 0\text{ V}$

logický signál log „1“ (vysoká napěť. úroveň, též „High“ nebo „H“)

(u mikrořad. je pro H napětí dané **napájecím. nap. U_{CC}**) $U_{OUT_H} = 0\text{ V}$



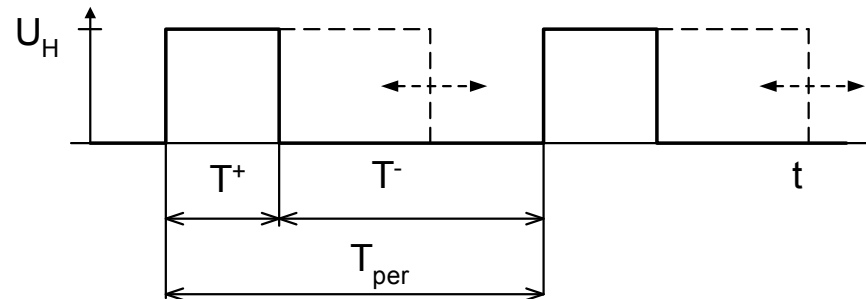
Parametry signálu PWM

PWM – parametry střída a perioda (frekvence)

(*pulse width modulation = PWM*)

střída – různé způsoby vyjádření poměru $k_s = T^+ / T_{per}$, 0,5 nebo pro názornost 50 % (délka impulsu T^+ vůči periodě)

PWM - změna střídy – změna šíře impulsu T^+ „width“ při stálé periodě T_{per}



střední hodnota signálu PWM změřená (pomalým stejnosměrným voltmetrem) $U_{střed} = k_s \times U_m$

PWM . řízení jasu LED, proměnné podsvícení LCD v telefonu,...

Experimenty: PWM použít pro blikání LED, pozorovat LED pro různé frekvence a pro různou střídu dle úkolu z minulého klubu.

Osciloskop a logický analyzátor s dlouhým záznamem

Osciloskop a logický analyzátor (Oscilloscope and Logic Analyzer – OLA) podporuje funkci dlouhého záznamu.

Osciloskop OLA vznikl v laboratoři videometrie katedry měření, ČVUT – FEL. Jeho autorem je Bc. Martin Hubík.

OLA používá zcela odlišný způsob záznamu oproti kombinované přístrojové funkci PWO (PWM generátor, Voltmer, Osciloskop) prezentované na ETC 3. Napětí se digitalizuje pomocí ADC a průběžně se posílá prostřednictvím rozhraní USB do PC, které realizuje funkci hledání spouštěcí události (*trigger*) a záznam.

OLA poskytuje **délku záznamu 32 k vzorů** v jednobanálovém režimu, **2x 16k vzorků** ve dvoubanálovém režimu. Vzorky z ADC jsou přenášeny s rozlišením 8 bitů.

OLA je možno přepnout též do funkce logického analyzátoru, kde spouštění je odvozeno od kanálu D0 na pinu č.7.

OLA poskytuje funkci PWM na pinu č. 6. Časování PWM i vzorkování je odvozeno od vnitřního RV generátoru, takže může mít odchylky frekvence PWM a vzorkovací rychlosti až do cca 0,5 – 1 %.

OLA – rychlost záznamu

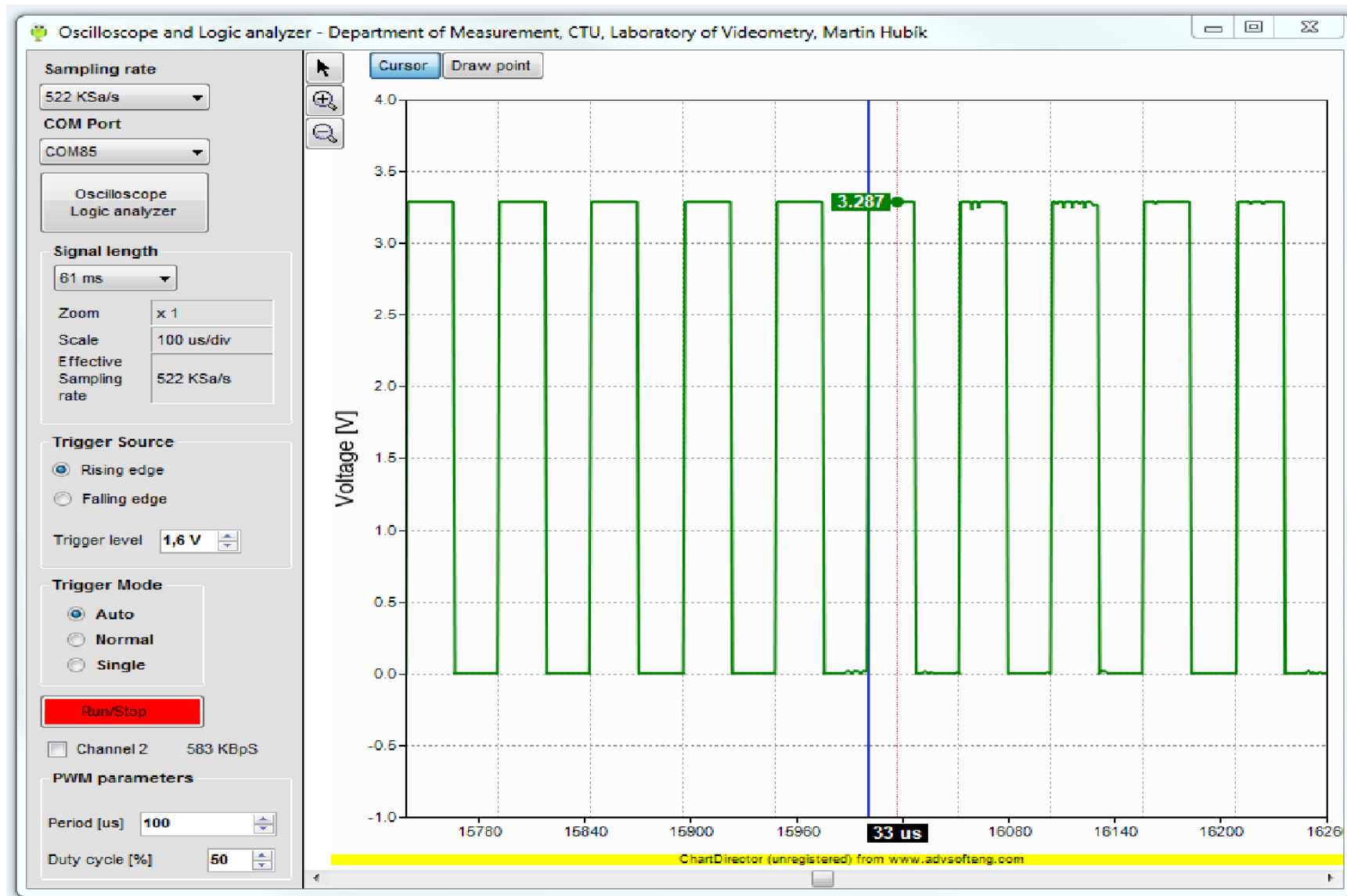
Nejvyšší standardní vzorkovací frekvence je 522 ks/s

Nejvyšší dosažitelná vzorkovací frekvence je až 702 ks/s, její dosažení však závisí na rychlosti a stavu PC, což následně ovlivňuje rychlost komunikace po USB.

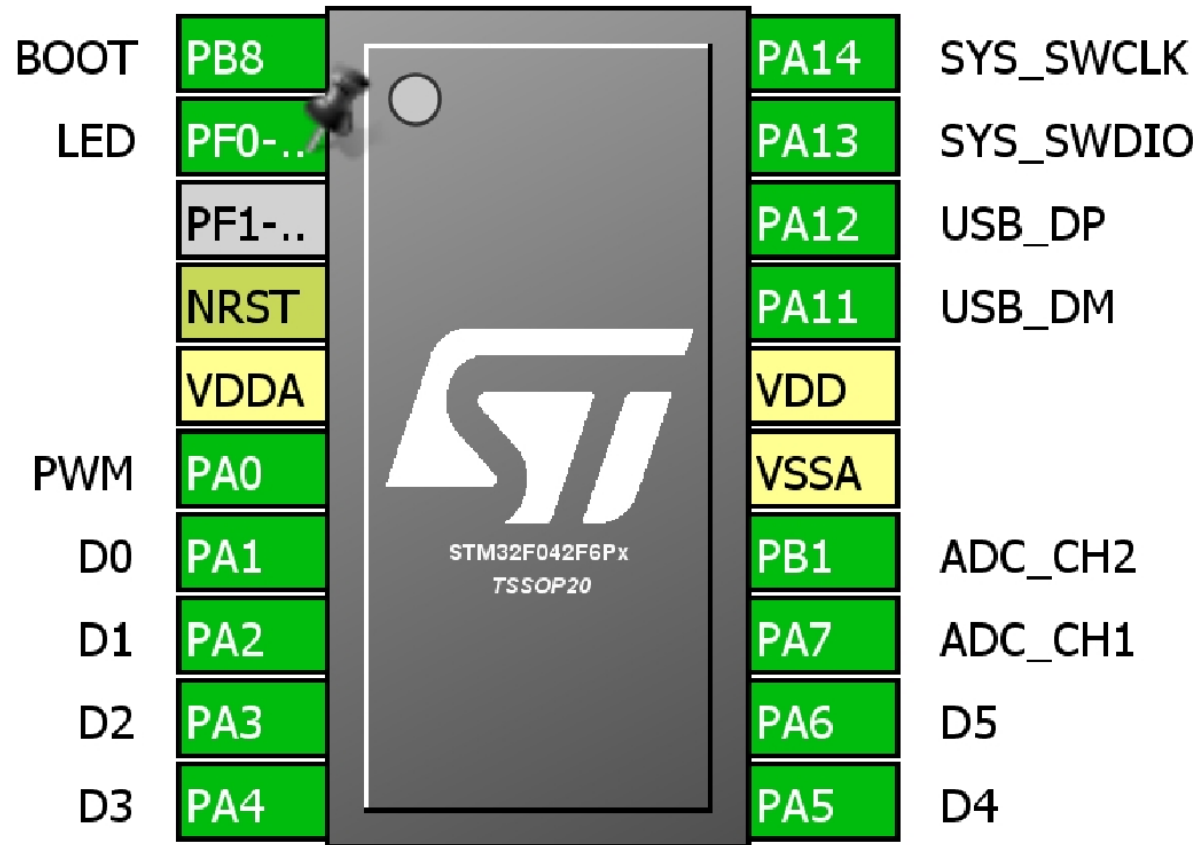
Pokud PC nestíhá odebrat některé vzorky, pak tyto vzorky v záznamu chybí a dochází k jistému zkreslení („zkrácení signálu“).

Délku záznamu je možno prodlužovat pomocí volby „*signal length*“, čímž se snižuje efektivní vzorkovací frekvence tak, že se do vybírá jen každý n-tý vzorek – **decimace**. (Reálná vzorkovací frekvence ADC zůstává dle nastavení „sampling rate“ a nemění se.)

Obrazovka osciloskopu OLA



Využití pinů STM32F042 v osciloskopu OLA



Instalace OLA

SW osciloskopu OLA vyžaduje oper. systém Windows s nainstalovaným .NET 4.0 a vyšším.

Současně musí být nainstalován ovládač USB VCP -virtual com port driver.

Ovládací SW pro OLA se na PC neinstaluje, ale pouze se spustí.